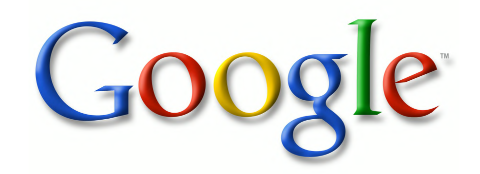
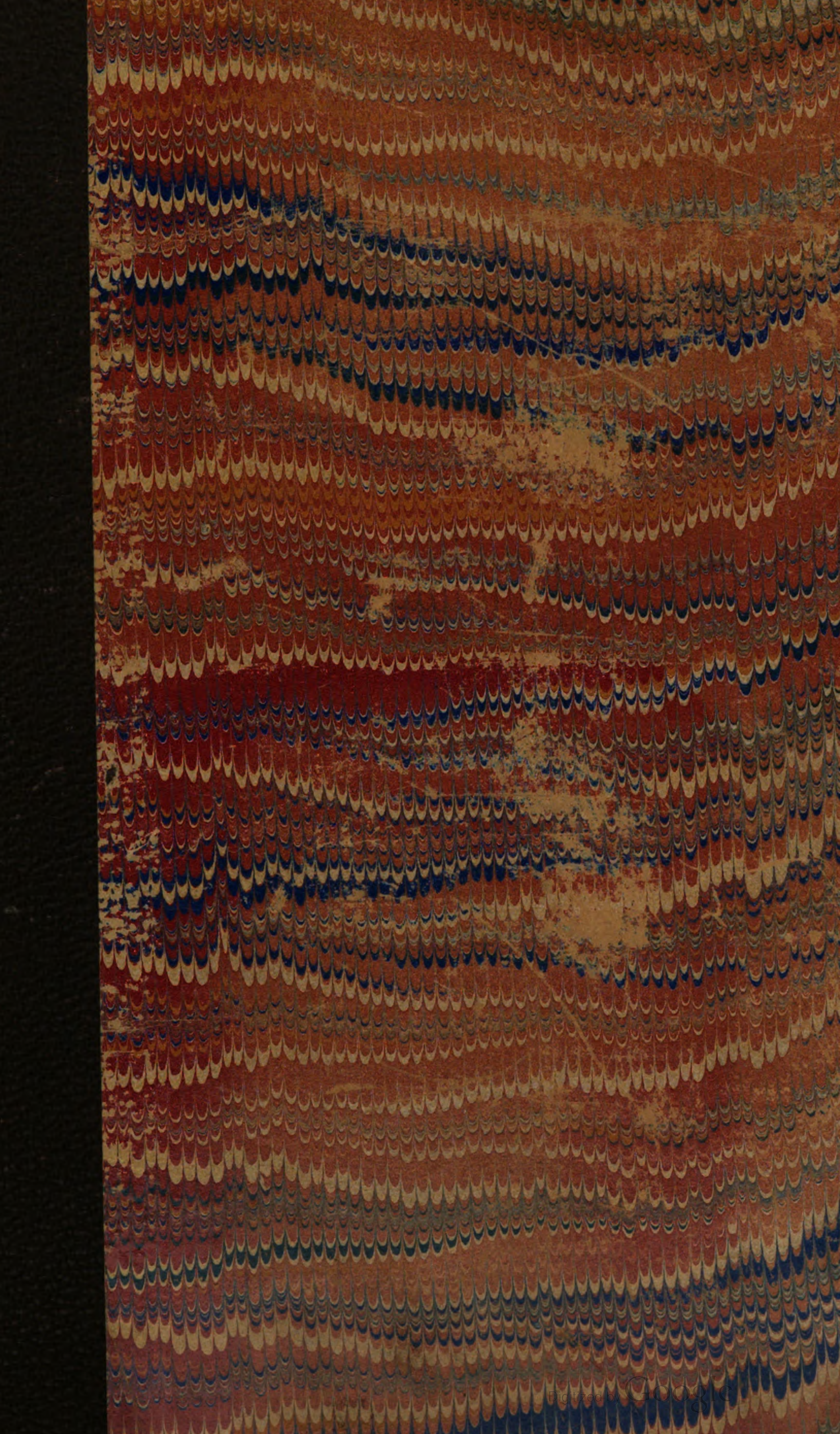






REVUE INTERNATIONALE

DES

SCIENCES

BIOLOGIQUES

DIRIGÉE PAR

J.-L. DE LANESSAN

PROFESSEUR AGRÉGÉ D'HISTOIRE NATURELLE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

TOME DOUZIEME

PARIS

OCTAVE DOIN, ÉDITEUR

8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1883

REVUE INTERNATIONALE

DES

SCIENCES

BIOLOGIQUES

COULOMMIERS. — TYPOGRAPHIE PAUL BRODARD ET Cie.

REVUE INTERNATIONALE

DES SCIENCES

ÉTUDE SUR LES POPULATIONS PRIMITIVES

LES KHONDS & AUTRES KOLARIENS DU BENGALE

Par ÉLIE RECLUS

(Suite [1]).

VII

Les populations Khondes sont exogames, c'est-à-dire ne permettent le mariage qu'entre individus de clans différents. Elles prohibent, comme entachée d'inceste, toute union entre « co-gentiles », la punissent de mort, quelque éloignée que soit la ramification, et quand même un des conjoints ne serait entré dans la famille que par adoption. Le mariage khond, fort étudié par Mac Lennan, nous présente un échantillon bien conservé du rapt officiel, que Manou appelle « coutume des Rakchasas » et définit : la capture violente d'une fille qui pleure et crie au secours. Mais la capture aujourd'hui n'est plus que simulée; cris et pleurs ne sont que comédie des négociations entre les deux familles, de longs marchandages l'ont précédée; la fille a été remise contre lourde somme qu'il faut avoir comptée avant qu'il soit permis de procéder à l'enlèvement, qui a toujours lieu après un banquet et au milieu des danses. A un moment donné, quand la fête est au plus gai, les oncles des futurs conjoints — rappelons que dans le droit primitif les oncles maternels ont la tutelle des enfants à l'exclusion du père — les oncles imaginent de charger sur leurs épaules, jambe de ci, jambe de là, qui son neveu, qui sa nièce; ils piaffent et caracolent : — « Messieurs, n'oublions pas que je sons à cheval ! » disait le capitaine Valentin, dans *Le Petit Faust*.

La fille emportée à califourchon sur les épaules, cette gesticulation

1. Voy. *Revue int. des sc. biol.*, février 1883.

éminemment symbolique du rapt, n'est point d'occurrence accidentelle ou isolée. Nous la constatons en divers pays éloignés les uns des autres, et en particulier chez de nombreuses tribus africaines. Comme par une fantaisie subite, les danseurs échangent leur charge; celui qui a pris la fillette décampe brusquement; il s'élève une rumeur sourde, et bientôt l'assistance se partage en deux camps; ils font mine, les uns de courir sus au prétendu brigand, les autres de protéger sa fuite; il pleut des horions, étant convenu que le parti du fiancé donnera les derniers coups. Un prêtre, loué pour la circonstance, accompagne les ravisseurs, pour écarter de la route les mauvais sorts. Sur les ruisseaux traversés il tend un fil, pont magique à l'intention des esprits protecteurs qui de la maison maternelle lui font conduite à la jeune fille, jusque dans sa nouvelle demeure; mais ils ne lui diront pas adieu pour toujours et, de temps à autre, ils repasseront les passerelles, la regarderont allaiter son petit sur le seuil de sa porte, et lui donneront une bénédiction qu'elle ne reconnaît plus que par des paroles affectueuses et quelques poignées de riz, car désormais son culte appartienne aux dieux nouveaux, aux pénates de l'homme qui s'est emparé de sa personne, est pour les lares son adoration du clan qui l'a ravie.

Les Kolhs du Tchota Nagpour ont réduit la fiction aux plus modestes proportions. Les amies de la vierge jettent des mottes de terre à la tête des assaillants, lesquels répondent par des quolibets, des agaceries et propos ironiques, et tout finit par de grands éclats de rire. Se voyant si mal défendue, la jeune fille ne prétend pas résister longtemps à la violence qui lui est faite; elle sourit aux vainqueurs, et en signe de soumission elle prend une cruche déposée là tout près, l'emplit d'eau et, au lieu de rentrer chez elle, se met à suivre les capteurs, quelque peu poussée par le jeune homme, qui de propos délibéré lui marche sur les talons la saisissant par l'épaule. Mais sa main se fait bientôt caressante; il ralentit son allure. Tandis qu'elle continue à trottiner, il décoche une flèche à travers le demi-cercle formé par le bras que soutient le vase signifiant ainsi qu'à la belle il fait chemin libre. Rapt tourné en idylle.

Les Gonds non plus ne veulent pas s'échauffer. Quand la fille est enlevée, ses frères et cousins haussent les épaules, ou font semblant de ne pas y prendre garde, mais les sœurs et compagnes attaquent bravement, criant qu'elles leur feront lâcher prise les insolents :

Nous étions trois filles,
Filles à marier;
Nous nous en allâmes
Dans un pré danser.

Dans le pré, mes compagnes,
Qu'il fait bon danser!

Nous nous en allâmes
Dans un pré danser;
Nous fîmes rencontre
D'un joli berger.
Il prit la plus jeune,
Voulut l'embrasser;
Nous nous mîmes toutes
A l'en empêcher.....

Mais voilà, ces brigands, moins timides que le petit berger de la chanson, font mine de sauter sur les bonnes amies; celles-ci, pour ne pas être elles-mêmes faites prisonnières, battent précipitamment en retraite.

Chez les Ouraons, le combat pour rire finit en danse, comme il avait commencé. Après avoir échangé leurs pupilles califourchu-califourchant, les oncles se prennent d'une prétendue querelle qui se passe en entrechats et finit par des gigottements de réconciliation. Aux jeunes gens bien frottés d'huile, on présente une lampe allumée, symbole de l'amour conjugal dont l'époux devra entretenir la flamme. Le jeune homme appuie lui aussi son orteil sur le talon de la fille, laquelle se renverse en arrière, la tête sur l'épaule de l'amant, qui la marque d'une tâche rouge au front : acte solennel, qu'on annonce par la décharge d'une arme à feu. Des draps tendus cachent le groupe, autour duquel les guerriers brandissent leurs lances avec bruit, histoire de terrifier et de mettre en fuite les démons qui rôdent autour, cherchant qui dévorer. Les beaux-parents présentent la « coupe d'amour » emplie d'une liqueur fermentée, les conjoints, y font tournoyer le doigt — en boivent chacun la moitié, après. Ces trois symboles : la coupe de communion, la marque cramoisie, l'orteil vainqueur, ne sont pas de coutume locale seulement; on les retrouve dans toute cette région de l'Inde, et, s'il ne fallait se restreindre, nous indiquerions plus d'un trait similaire dans les rits matrimoniaux des autres continents. Quand les idées se confondent, nous étonnerions-nous que les idées se répètent?

Les enlèvements peuvent être autres que fictifs quand des parents « trop chérant » s'obstinent à demander de leur article un prix que les amateurs déclarent exagéré. Au marché de Singbhoum fréquemment on a vu des jeunes gens bien armés se précipiter sur une fille : « La belle il faut nous suivre! » Bon gré, mal gré, ils l'entraînent au pas de course et gagnent le large. Le public s'abs-

tient de toute intervention matérielle, mais applaudit si gars et garse sont bien découplés, ont bonne tournure. Nantis maintenant de l'objet convoité — *beati possidentes* — les ravisseurs rouvrent les négociations sur de nouvelles bases, et force est aux parents d'en rabattre beaucoup.

Trois jours après son enlèvement la Sabine kothe qui tient à la décence et au bon goût ne manque pas de fuir le toit conjugal et de se réfugier dans la maison des parents qui l'ont vendue. Mais l'époux arrive et redemande son bien, l'épouse pleure et crie, tape, mord, égratigne et finit par suivre ce brigand d'homme — à son corps défendant, bien entendu, car le monstre s'est fait accompagner d'une bande bruyante et tapageuse qui se donne de grands airs menaçants; — il faut donc céder, car, si on les poussait à bout, qui sait les extrémités auxquelles ces chenapans pourraient se livrer? Il faut donc se résigner encore et laisser les scélérats en faire à leur volonté. En définitive, toutes les convenances ont été observées, la jeune femme a fait étalage de sentiments filiaux, et le jeune mari s'est montré épris de sa conquête, toute farouche et mal subjuguée qu'elle paraisse encore.

Une loi salique aussi juste et intelligente que celle qui régissait naguère le beau royaume de France, interdisait à la Khonde de détenir aucun avoir, par la raison : « inapte à défendre, inapte à posséder. » Forclose de la propriété, la femme est par suite déchue de tout droit, ne dispose pas même de sa personne, puisqu'elle a été capturée et emmenée de force. Mais il importe peu que la propriété soit déniée à qui peut s'emparer du propriétaire. La fille d'Ève n'y a point manqué, et, malgré l'orteil vainqueur qui lui a raclé le talon, elle n'est rien moins qu'une esclave, et nous la voyons arbitre des disputes, juge de paix, conseillère toujours écoutée en affaires privées et publiques. L'histoire du pays la montrait en communication incessante avec les femmes des rajahs, et traitant avec elles intérêts d'Etat. A leur tour les rajahs, quand ils voulaient gagner des alliances, enrôler des auxiliaires, dépêchaient auprès de la sauvageresse et de son sauvage des chargées d'affaires, prises dans leurs sérails, belles ambassadrices que les patriarches et les guerriers écoutaient avec complaisance. L'ennemi les eût trouvés intraitables, mais devant la beauté ils ne demandaient qu'à rendre les armes.

C'est l'exogamie bien comprise qui donne à la femme khonde sa haute position de pacificatrice par excellence, de conciliatrice en tous différends. Sortant d'une famille qui est toujours étrangère et souvent hostile, on lui permet de ne pas épouser les griefs de sa nouvelle

famille, pourvu qu'elle fasse abandon des vieilles rancunes. A chaque revirement politique, son père et son beau-père peuvent se rencontrer sur un champ de bataille; ses frères et ses beaux-frères sont toujours exposés à s'attaquer hache en main; elle sera toujours admise à panser les blessures de celui qui est frappé, à baiser ses lèvres pâlissantes. Quoi qu'il arrive, elle sera la première à suggérer la paix, la plus ardente à la recommander, la plus habile à la faire conclure.

Achetée à deniers comptants, troquée contre des objets mobiliers, cette femme ne devrait être autre chose qu'un objet mobilier. Le Khond paye pour une esclave, et c'est une maîtresse qu'il reçoit. On la lui a vendue cher et bien cher; il prendra garde à ne pas la détériorer. A mesure que le rapt se transforma en achat, la question d'argent prédomina et, par suite, les convenances particulières du jeune homme sans sou ni maille furent moins consultées que celles des parents qui faisaient l'emplette et la soldaient. Consultant naturellement leurs préférences avant toutes autres, ils se donnaient une bru à leur dévotion, ménagère entendue et forte au travail des champs. Afin de se prémunir contre les déceptions, ils la prenaient de quatorze à seize ans, âge auquel la fille est en ces pays déjà formée de corps et de caractère. Et, pour que le fils n'eût pas la prétention de choisir par lui-même et d'en faire à sa tête, on le mariait quand il n'avait que dix à douze ans. Touton le chargeait à cambelarge sur la nuque, et hopdada! et hopdada! nous allons enlever une demoiselle, hopdada, et nous la donnerons à Toto, hopdada, hopdada! La comédie du mariage ayant été menée à bonne fin, le petit homme attendait plus ou moins longtemps la consommation du mariage, que papa retardait toujours, pour des raisons à lui connues. Cependant on ne nous dit pas que le père khond fasse exactement comme tant de moujiks russes, lesquels prennent la peine de dresser au joug conjugal la grande fille qu'ils ont mariée au « gosse » et laquelle en attendant épousailles, mène son petit mari tambour battant. Pendant les années d'apprentissage, Khondet s'habitue à ce que Khondette, sa légitime et sa prétendue tout à la fois, le fasse marcher; et, quand il aura enfin le droit de parler en maître, pourra-t-il rattraper l'avance qu'elle a sur lui de quatre années, considérant que les filles sont généralement plus précoces que les garçons?

L'épouse khonde est si peu traitée en esclave, qu'après six mois de cohabitation le droit lui est reconnu de planter là le mari qui n'a pas su lui plaire et s'il lui plaît ainsi, elle s'en va pour ne plus revenir. En certains endroits, on lui permet de partir, qu'elle soit grosse ou non des œuvres de son mari; et elle emmènera ses enfants en bas

âge, sauf au père de les réclamer quand ils auront grandi. Ailleurs, on y met moins de complaisance, et elle ne peut quitter enceinte, ni avant d'avoir sevré le nourrisson; mais on ne lui fait aucune difficulté si elle est restée sans enfants. En tout état de cause, le père est tenu de rembourser au mari divorcé jusqu'au dernier sou du capital qu'il avait mis dehors pour s'acheter épouse. En réintégrant la maison paternelle, elle déclare par le fait reprendre son ancienne condition de fille. Mais si elle entend convoler en secondes noces, elle n'aura plus besoin de se faire enlever. Cent individus adultes de son entourage en moyenne fournissent de 75 célibataires, entre lesquels elle a le choix, chacun étant tenu de la recevoir à bras ouverts si elle juge à propos de demander son hospitalité. Si l'homme ainsi distingué rechignait devant la faveur dont il est l'objet, le clan se ferait un devoir de loger la belle, jusqu'à ce qu'aient cédé les scrupules du chaste Joseph ou qu'autre amant ait pris la place. Car la communauté se croirait déshonorée, serait en butte aux railleries et quolibets si le bruit venait à se répandre que ces innocents ou impuissants n'ont pu satisfaire une femme. Reste de polyandrie.

Dans le cours de sa carrière conjugale, toute Khonde qui se respecte exerce son droit de mutation trois, quatre ou cinq fois. — Rare anomalie, la réciproque n'est point admise pour le mari qui, s'il veut s'adjoindre une concubine, doit obtenir le consentement de sa légitime. Ne pouvant arguer de l'incompatibilité d'humeur, il ne saurait divorcer qu'en cas d'adultère notoire, d'inconduite flagrante ou prolongée de la part de madame, à laquelle l'opinion est loin de tenir rigueur pour quelques coups de canif dans le contrat. Si le mari la surprend en conversation criminelle, toute voie de fait lui est interdite sur la personne de l'amant et à plus forte raison sur celle de la femme, et, s'il s'oubliait à la frapper, à l'insulter ou injurier, ou seulement à lui manquer d'égards, la honte du mauvais procédé rejaillirait sur toute la famille, S'il veut user de rigueur, il exclura l'infidèle de son foyer pendant un jour ou deux, jusqu'à ce que l'amant ait soldé l'amende : un cochon, douze têtes de bétail, prix fixe et connu d'avance. L'époux qui, après encaissement, ne se tiendrait pour indemne, passerait pour ombrageux et difficile à vivre. En quelques endroits cependant, le point d'honneur exige que, avant la remise des dommages-intérêts, l'amant et le mari se prennent aux cheveux, se secouent gaillardement devant une impartiale assemblée qui applaudit aux bons coups, interdit d'employer autres armes que les naturelles; entre frères, concitoyens et co-gentiles, coups de poing, et coups de pied do ent suffire. D'ailleurs il n'y a pas eu adultère à

proprement parler : un cousin a, pour un moment, pris la place d'un autre cousin; tout s'est passé en famille. Le duel fini, Pâris et Ménélas se complimentent sur la vigueur dont l'autre a fait preuve, puis s'asseyent à un festin dont le cochon d'amende fait les frais; le banquet est soigné, la belle Hélène lui a donné ses soins. Elle gagne en considération si l'accident se renouvelle de temps à autre; autant d'amants prouvés en justice, autant de titres à l'estime publique. On entend des matrones morigéner de jeunes femmes, dire en se rengorgeant : « Moi, ma petite Sophie, à ton âge, j'avais déjà fait payer l'amende à celui-ci et à celui-là... » Si décente de maintien, si réservée en ses propos qu'elle n'ose dire : « mon mari, » mais emploie la circonlocution : « le père de mes enfants, » l'épouse khonde ne craint brigue d'en faire porter à ce père-là. Bagatelle en un pays où la doctrine de la filiation paternelle en est encore à se consolider. En pareille matière, deux ou trois siècles comptent pour peu de chose, et le temps coule avec une lenteur paresseuse. En Klondie, le ménage individuel ne s'est pas encore claquemuré derrière les murs de la vie privée; la communauté mâle n'a point fait l'entier abandon de ses droits régaliens sur la personne de chaque femme et sur sa progéniture. Le fond de l'institution matrimoniale est encore polyandrique, la polyandrie étant le résultat de la rareté des épouses, qui elle-même est la conséquence de la rareté des subsistances.

Quand les liens du mariage individuel sont tellement relâchés, il ne faut pas demander un compte bien sévère des orgies qui se célèbrent sous prétexte ou sous raison d'agriculture, et dont il fera parlé ci-après. Les Khonds n'en font pas autant que les Thotigars de l'Inde méridionale, lesquels exigent que leurs femmes se donnent à tout venant, afin que la terre prenne bon exemple et ne se refuse pas à faire germer les grains qu'on va lui confier à son sein. A leur fête des semailles, lointaine imitation des mystères de la Mylitta babylonienne, ces Thotigars élèvent aux bords des routes plusieurs tentes de feuillage avec des jonchées de fougère et rafraîchissements. Sous ces abris, les bons paysans installent leurs moitiés et vont eux-mêmes raccoler les passants, les engagent avec instance. La faveur est sollicitée, elle est accordée pour la prospérité des champs, l'heureuse croissance des céréales et l'engrangement d'une riche moisson. En matière de foi, inutile de discuter.

Ajoutons que, chez nos Khonds et divers Kolariens, l'adultère, — mais faut-il employer si gros mot quand il s'agit de mariages si fragiles? — l'adultère est de droit, quand apparaît un tueur de tigres, auquel

des honneurs presque divins sont rendus. Au retour de son heureuse chasse, il est entouré par toutes les femmes du bourg et des alentours, qui dansent et qui chantent :

« Qui le tigre a tué aura la plus belle, la plus belle! »

Combien alors qui se croient la plus belle! Et quelle famille ne serait heureuse et fière d'avoir un rejeton issu du tueur de tigre!

VIII

Puisque nous vendons nos filles, vendons « les cher, » disent les producteurs de l'espèce; prouvons la noblesse et la distinction de nos familles en plaçant notre progéniture à haut prix. Les Kolhs de Singboum établissent le cours moyen pour une demoiselle de bonne maison à 40 têtes gros bétail, livrables sur l'heure. Donnant donnant, prenez ou laissez. Notre fille attendra, et tant pis si elle sèche ou rancit. Aussi ne manquent pas les vierges montées en graisse et laissées pour compte; plus d'une blâme la timidité des jeunes gens paresseux à les enlever par surprise on de vive force. Quoi qu'ils disent, les parents ne sont pas flattés que leur fille ne trouve pas preneur; mais ils s'indignent quand un voleur s'adjuge une « renchérie », faisant mine de la payer en coups de bâton. Comment remédier à cet inconvénient?

Pour désencombrer le marché, tout en maintenant les prix, ils ont imaginé de raréfier la marchandise; pratiquant l'infanticide sur une large échelle, ils diminuent l'offre pour faire monter la demande. Ces sauvages possèdent leur cours d'économie politique, façon Mac Culloch et Ricardo : gagner de l'argent, ne pas en perdre. La chose achetée a des jambes, ne reste pas chez l'acheteur si elle s'y ennuie; sans remords aucun, les volages créatures lâchent le premier mari pour courir à un second. Dépouillé de sa marchandise, l'acheteur actionne le beau-père en restitution du prix touché. Mais cette somme on ne l'a plus, on l'a déjà fricotée en tout ou en partie. Sans doute, le vendeur est armé d'un droit de répétition contre le second mari; mais celui-ci, tenant la femme, n'est aucunement pressé d'en donner l'argent. Pourtant, il va s'exécuter; mais, au moment que la somme va être soldée, voilà que la jeune femme — hélas! une coureuse comme tant d'autres — s'acoquine à un troisième galant, et, qui sait? à un quatrième... Pour surcroît de difficultés les époux appartiennent à des tribus différentes, lesquelles, d'un moment à l'autre, peuvent entrer en collision. Un de ces maris à crédit tombe dans une

bataille, — elles sont fréquentes et meurtrières, — adieu la créance! Et le règlement des affaires contentieuses n'est pas toujours facilité par la circonstance que les tribus répondent des dettes contractées par leurs membres. Plus d'un a été ruiné par le fait d'une fille avantageusement vendue. Décidément, le commerce de ces génisses à deux pied est par trop aléatoire; il vaut mieux y renoncer. Ces honnêtes éleveurs n'ignorent pas que les peuplades voisines, qui se défont de leurs sujets féminins à un prix purement nominal, sont à l'abri de ces inconvénients : bagatelle reçue, bagatelle rendue. Mais les patriarches de répondre : « Nous prenez-vous pour gens à troquer nos filles contre un morceau de pain? »

En conséquence, certains clans aristocratiques ne produisent plus que des mâles, importent les femmes, nécessaires à la reproduction; tout au plus laissent-ils vivre que l'aînée, s'il y a projet d'alliance avec une haute maison étrangère. Parcourant tels villages, Macpherson voyait de nombreux garçons, et de fillettes point; il estimait qu'en moyenne on supprimait les deux tiers ou les trois quarts des naissances féminines.

Cependant la « voix du sang » ne laissait pas que de se faire entendre. Les petites malheureuses n'étaient pas toujours immolées de parti pris; volontiers, on leur laissait quelques chances de salut, sauf à rejeter sur les dieux la responsabilité des morts. Les prêtres ou *djannis*, les astrologues ou *désauris* tiraient l'horoscope au moyen d'un livre : ils jetaient le style avec lequel pour écrire ils égratignent les feuilles de palmier; le passage touché décidait de la vie ou de la mort. — La mort? — Les parents prenaient la pauvre innocente, lui bariolaient le corps de raies rouges et noires, l'introduisaient dans un grand pot neuf qu'ils bouchaient et couvraient de fleurs — décidément, l'homme est porté à l'esthétique, jusqu'il enjolive jusqu'à l'assassinat! — ils portaient le tout à distance dans la direction du vent que le sorcier avait désigné comme menaçant; ils enfouissaient la marmite soigneusement, saignaient un poulet par dessus, et puis il n'était plus question de rien.

On l'a déjà remarqué plusieurs fois : l'infanticide féminin est plus répandu chez les nobles races que chez les pauvres et les misérables. Les Radjponte aussi, peuple aristocratique et guerrier, qui a plusieurs traits communs avec les Khonds, fatigués de se ruiner en cadeaux de noces à leurs sœurs ou à leurs filles, avaient imaginé de noyer les pauvres créatures dans un bain de lait tiède. Elles demandaient du lait, eh bien! on leur en donnait, et plus qu'elles n'en voulaient, et, si

elles périssaient, c'était par abondance de biens. — Du lait tiède, remarquez-le; car on eût manqué de cœur à les asphyxier dans un liquide au toucher froid. Où la sensibilité va-t-elle se nicher?

Faisons taire nos sentiments d'indignation à la vue de ces actes dénaturés. Les peuples primitifs, ne disposant que d'insuffisantes ressources alimentaires, et ne croyant pas que les nouveau-nés aient une âme dont il vaille la peine de parler, font peu de cas des avortements et des infanticides. Et combien pour la plupart, de civilisés, dans l'Inde, en Chine et même ailleurs, qui regardent comme un malheur la naissance d'une fille! combien qui exposent la malheureuse ou la font mourir de faim lente! Plusieurs moralistes officiels ont préconisé la pratique malthusienne, que les Khonds eux aussi appellent un acte de haute prévoyance domestique. — Que de réponses absurdes et cruelles a provoquées le problème social! Les filles qu'on marierait difficilement dans leur rang, leur caste ou leur fortune, les peuples chrétiens et les nations bouddhistes s'en débarrassent en les cloîtrant dans des couvents; ils les « mettent en religion ». Mais les non-civilisés préfèrent les tuer d'emblée : c'est moins hypocrite. Et les Khonds d'ajouter qu'ils ont à contrebalancer l'énorme consommation d'hommes qu'ils dépensent en incessantes guerres et combats souvent renouvelés.

Infanticide à part, les parents montrent affection et tendresse pour la progéniture qu'ils ont conservée. Soucieuse d'être mère, — d'un garçon s'entend, — la jeune mère importune les divinités pour qu'elles bénissent son ventre. Si la grossesse se fait attendre, elle va pèleriner au confluent de deux ruisseaux ou rivières, où un prêtre l'asperge en prononçant des paroles sacramentelles. Longtemps à l'avance, elle s'inquiète du nom que le sort réserve à l'enfant, nom qui sera celui d'un des grands-parents, car les aïeux s'arrangent à renaître dans la famille. A la moisson ou autres travaux urgents, la mère s'attache le nourrisson au dos et le trimballe partout, ajoutant cette fatigue à celle de la faucille.

Mais a-t-elle vraiment la simplicité de croire ce qu'enseignent les théologiens et astrologues de l'endroit? Que le Dieu Soleil, ayant constaté les funestes effets produits dans la nature par la création du sexe féminin, ordonna de ne laisser vivre qu'un nombre de femmes assez restreint pour les tenir toujours en échec? Croit-elle vraiment que la femme est plus sujette au péché que les individus masculins? que par la femme le péché est entré dans le monde? Que, si on les laissait vivre toutes, il deviendrait impossible de maintenir la paix et l'ordre social? Que moralement et intellectuellement elles sont infé-

rieures aux seigneurs et maîtres, que dans la vie ordinaire elles savent pourtant si bien manier?

Les âmes des morts reviennent, dit-on, dans leurs familles, où elles renaissent de génération en génération. Mais la réception d'une âme n'est pas définitive avant la « nomination » qui a lieu sept jours après la naissance. Si l'enfant reçoit le nom de Paul plutôt que celui de Pierre, l'ancêtre Paul renouvellera son bail à l'existence, et Pierre patientera encore. Si dans cette première semaine la fillette est mise à mort, elle comprendra, sans qu'il soit besoin d'insister davantage, ou quelqu'un dans l'autre monde lui dira que la famille ne veut plus d'elle et, en conséquence, elle tâchera de se caser ailleurs. Où qu'elle aille, la parenté ne la reverra plus. Ainsi sera diminué son stock d'âmes féminines au profit de l'élément masculin.

Par suite de la suppression de nombreuses naissances féminines, les survivantes faisaient prime sur le marché matrimonial et jouissaient d'une haute considération dans les relations privées et publiques. On affirme — est-ce vrai, est-ce faux? — qu'elles se sont davantage entêtées que leurs maris à garder la coutume cruelle.

IX

Pour se délasser des travaux agricoles, nos indigènes s'adonnent aux plaisirs de la chasse; après avoir manié la pioche et la charrue, ils soupirent après les terribles et excitations de la guerre, qui sort les citoyens de l'habitude quotidienne et les secoue violemment. Ce besoin d'émotion, ils le passent d'abord en ivresse, en danses échevelées, mais, par intervalles, leur tempérament exige davantage. Alors ils croient indispensable de se mesurer avec des guerriers de leur taille, histoire de raviver leur orgueil, de montrer leur force et leur vaillance, et de rafraîchir l'éclat de leur antique gloire. Se tuer entre frères est un instinct de la haute animalité. Bien que les races inférieures soient douées pour la plupart d'énormes pouvoirs de prolification, elles ne multiplient pas outre mesure, parce qu'elles sont la proie les unes des autres et des espèces supérieures. Celles-ci déborderaient si elles ne se faisaient concurrence à elles-mêmes, si elles ne veillaient avec une rigueur inflexible et une sévérité cruelle à ce qu'un certain niveau ne soit pas dépassé. Aux plus fortes et plus intelligentes, de s'abattre elles-mêmes et de s'entre-détruire. Au début de son existence, l'animal de haute lignée, faible encore et exposé à mille périls, paie à la mortalité la tribut qu'exigent la croissance, l'ac-

climatation, les divers apprentissages. Belle victoire déjà que d'arriver sain et sauf à l'âge adulte. Immense succès que d'avoir surmonté mille et mille attaques dont chacune pouvait être fatale : patentes et latentes, directes et indirectes, visibles et invisibles. Après avoir triomphé du monde entier pour ainsi dire, surgit le plus grand des périls : la lutte contre les égaux, les combats contre les camarades, contre le frère autre moi-même. Ces petits d'une même portée sont bien venus tous. En d'excellentes conditions vont mesurer leurs forces; le plus robuste accomplira le grand acte physiologique, jouira de la femelle et perpétuera l'espèce. « Au plus fort la plus belle! » La guerre, fait primordial, constitue un article organique de la charte octroyée par la nature aux populations primitives. La lutte fouette le sang, réveille les énergies endormies, supprime les faibles par la mort immédiate ou par la mort indirecte, en ce sens qu'ils ne se reproduiront pas. Fêtes et banquets, autant de prétextes à rixes et batteries; les mâles, façonnés d'un plus grossier limon que les femelles, semblent ne pouvoir mieux s'amuser qu'à coups de pied, de pierres, de poing, de bâton. Encore au commencement de ce siècle, en plusieurs cantons de l'Irlande, des Galles anglaises et de la Bretagne française, les adultes se donnaient, les dimanches après midi, la satisfaction de s'enivrer, puis de s'entrecogner. Au Velay, dans l'Aragon aussi et en mainte autre province, il était beau de dégainer le couteau, de le brandir, puis d'envelopper une partie de la lame avec le mouchoir : Qui des gars veut goûter de la pointe? A deux pouces de fer? A trois pouces, à quatre pouces. Qui en veut du joujou? Qui en veut? En avant les amateurs!

Les populations sauvages de l'Inde et de l'Indo-Chine ont aussi leurs luttes héroïques. Une ou deux fois par an, les mâles se rassemblent; pour se dégourdir, ils se prennent aux cheveux, se houspillent, se bousculent de la belle façon, n'employant à ce jeu que les armes données par mère Nature, armes mortelles parfois. Mais nos Khonds, passionnément adonnés au métier des armes, tiennent cet amusement pour grossier, dépourvu de dignité : « Jeu de mains, jeux de vilains. » Ecoutons leur légende :

Jadis nous ne faisions pas mieux. Comme aux singes, comme aux tigres et aux ours, ongles et dents nous suffisaient; on jouait des cailloux et du gourdin.

Mais les Dieux dans leur bonté nous firent présent du fer. Un des leurs se donna à nous, le dieu Tigre, Loha Pennou, Maître de la Guerre, Génie de la Destruction, qui un jour sortit de terre, sous forme d'une tige d'acier.

En premier, le fer ne touchait créature vivante sans la tuer soudain; mais les Dieux, toujours complaisants, en levèrent quelque chose de son poison, disant : Fer, tu tueras encore, mais tu ne tueras pas toujours. De ceux que tu auras mordus, tous ne mourront pas, quelques-uns languiront, quelques autres guériront.

Redoutable est toujours la vertu du fer. Qu'un prêtre du Grand Tigre enterre son couteau sous un arbre, et l'arbre dépérira, l'arbre mourra. Qu'il jette son couteau dans une rivière, et la rivière sèchera.

A ce dieu altéré il faut du sang. Son propre prêtre lui est immolé après quatre ans de loyaux services. Il lui faut beaucoup de sang; aussi a-t-il institué la guerre, ordonnant qu'elle fût la plus noble occupation du peuple.

La guerre, l'éternelle guerre, est la santé de l'humanité. Pour alimenter la guerre, Dieu permit, Dieu ordonna de la couper de trèves, de l'entremêler d'armistices, pendant lesquels on cultive le sol et l'on procrée des enfants qui à leur tour se battront et s'entretueront!

Tout village, tout groupe de hameaux possède un bosquet où ni femme ni enfant n'ont droit d'entrer : il est sacré à Loha, dieu de la guerre, qui préside aux batailles entre Khonds et étrangers, mais non pas aux rixes qui éclatent de temps à autre entre clans de même tribu. Loha, dieu du fer, s'est mué en un vieux couteau, aux trois quarts enfoncé dans le sol, dont il émerge lentement quand une bataille se prépare, dans la lame il rentre quand assez de sang a été versé. Le prêtre ou djanni surveille d'un œil attentif la hauteur du couteau, ses mouvements, car la divinité, si l'on tardait à la satisfaire, se vengerait en se faisant tigre dévorant, ou épidémie dévastatrice. Sur l'avis qu'en donne l'homme des autels, les anciens se rassemblent et délibèrent : « Loha s'est-il vraiment réveillé ? Est-il inquiet, pour sûr? est-il en colère? Et contre qui porter les armes? »

Les guerriers apportent leurs armes, leur attirail militaire devant le Mars-Apollon des Khonds, auquel le djanni offre un poulet au riz arrosé d'arrak, joli petit ordinaire que le dieu consomme; après quoi on l'apostrophe :

« O dieu! nous avons tardé à nous mettre sur le pied de guerre. Avons-nous oublié quelqu'une de tes prescriptions? Avions-nous attendu trop longtemps, pensant qu'il fallait laisser grandir nos jeunes gens, qu'il fallait nourrir notre monde?

Quoi qu'il en soit, ton auguste volonté se manifeste par les déprédations du tigre, par les fièvres et les ophthalmies, les ulcères qui rongent et les rhumatismes qui affligent.

Nous obéissons, Seigneur!

Voici nos armes. Solides, elles le sont déjà; fais-les aiguës et tranchantes. Dirige nos flèches, dirige les pierres de nos frondes.

Elargis les blessures qu'elles feront aux ennemis : et si leurs blessures se ferment, que restent la faiblesse et l'impotence! Mais que nos blessures à nous guérissent aussi promptement que sèche le sang tombant à terre.

Que les armes hostiles soient fragiles comme les siliques de l'arbre *karta* mais que nos haches écrasent les os et broient les chairs puissantes autant que les mâchoires de l'hyène!

Que nos hommes de petite taille abattent des géants!

Fais, ô dieu! que nos épouses soient fières et heureuses de porter à manger dans la bataille à des braves comme nous! Que par suite de nos exploits les tribus étrangères nous recherchent pour leurs filles!

Aide-nous à piller les villages, à razzier les bœufs, à piller du tabac; Que nos femmes aient pour lour part des vases de cuivre, qu'elles porteront en jubilant à leurs parents!

Assiste-nous, ô Dieu! assiste aussi nos alliés, en retour des nombreux poulets, brebis, bœufs et cochons que nous t'avons offerts.

Après tout, quelle est notre requête? Que tu tiennes la main à l'exécution des ordres par toi donnés. Que tu nous protèges comme tu as protégé les héros nos ancêtres.

Exauce, ô dieu, exauce! Loha, divinité guerrière, que le fer reprenne en nos mains sa vertu primordiale! Que nous devenions riches, grâce à son tranchant! Devenus riches, nous t'enrichirons, ô notre protecteur et ami. »

Sur ce, les guerriers reprennent leurs armes, fadées par le contact avec l'autel, et les brandissent au-dessus de leurs têtes. De nouveau le prêtre impose silence et récite la liturgie du Fer :

Au commencement, le Dieu de Lumière créa les montagnes, créa les fleuves, créa les ruisseaux, créa les plaines, créa les forêts et les rochers, créa le gibier, créa les animaux domestiques. Après quoi il créa l'homme, et après l'homme le Fer.

Mais l'homme ignorait encore les usages du Fer.

Une femme, Ambali Baylie était son nom, vivait avec ses fils, deux guerriers.

Un jour, ils parurent blessés et la poitrine ensanglantée.

Elle demanda : — Qu'avez-vous, les enfants?

Et les garçons de répondre : — Avec les gens de là-bas on s'est amusé avec des feuilles de glaïeul, on s'est chatouillé les côtes.

La mère pansa leurs plaies et dit : — Fi du glaïeul! c'est là le glaïeul, mes enfants!

Quelques jours après, les fils revinrent, tout hérissés de pointes épineuses; ils en étaient couverts, comme un mouton de sa laine.

Derechef Ambali guérit leurs égratignures et dit : « Il est peu séant de se battre de la sorte.

Au pays des Indous, allez chercher le fer, forgez-le en lames de hache, en pointes de flèche, courbez en arc le bambou sans épines, ornez vos têtes de plumes, roulez-vous dans des peaux et des toiles, et, ainsi défendus, allez à la bataille.

La bataille aiguise les esprits, affermit les cœurs. Par suite, vous aurez des tissus, du sel et du sucre, et vous apprendrez à connaître d'autres hommes, d'autres opinions. »

Les fils et les petits-fils d'Ambali allèrent donc à la bataille, mais presque tous y restèrent. Les survivants revinrent et dirent : « Mère, nous t'avons obéi; mais que de morts! Devant le terrible tranchant du fer, il est impossible de subsister. »

Et Ambali Baylie de répondre. « Il est vrai, dans le fer n'entra aucune goutte de pitié. Mais vous autres, chauffez-le au feu de forge, battez-le avec un marteau et modifiez la barbelure de vos flèches! »

Ce qu'ils firent, et, depuis, le fer ne fait plus périr tous ceux qui le touchent, nonobstant il défend les limites sacrées, notre avoir et et nos droits.

Après une pause, le prêtre crie à l'un des groupes : « Aux armes! aux armes! Je vais de l'avant; marchez! »

Guidée par l'homme du Dieu, une bande pousse jusqu'à la frontière de la tribu qu'on a résolu d'attaquer. Une flèche est lancée par

delà les limites; les hommes bondissent après. D'un arbre qui croît sur le sol étranger ils coupent un rameau, l'emportent. De retour au sanctuaire de Loha, le djanni entoure cette branche de peaux et de chiffons, à deux branchilles simulant des bras il attache des armes; puis quand le mannequin représentant l'ennemi a été accoutré en guerrier, on l'abat devant l'autel, en prononçant une adjuration solennelle :

O Dieu de Lumière, et toutes autres divinités, soyez témoins que nous avons exécuté toutes les prescriptions ordonnées par le Dieu de la Guerre.

Donc, qu'i s'abstienne désormais de nous visiter sous forme de tigres, de fièvres et autres fléaux !

En toute justice, la victoire nous est due.

Ecoutez, ô dieux! nous demandons, non point d'être garantis de la mort, mais de n'être point estropiés.

Couvrez-nous de gloire, ô dieux! et n'oubliez point que nous sommes les enfants des héros, vos illustres amis!

Ces préparatifs terminés, il reste à notifier la déclaration de guerre, car la loyauté khonde exige que l'ennemi ait le temps nécessaire pour s'armer, prendre toutes mesures défensives, accomplir les cérémonies qui captent la faveur des dieux, et par suite le succès. Chacun de son côté promet à Déméter une victime humaine, et à Mars-Apollon larges lampées du sang des boucs et des poulets.

Le chef du village dépêche de jeunes messagers, qui courent aux endroits désignés. Brandissant un arc et des flèches, signifiant la nature du message, ils font assavoir aux hommes de telle et telle tribu qu'on aimerait à les rencontrer à tel endroit, au soleil levé. Les interpellés répondent par des remerciements et des félicitations; ils récompensent les hérauts comme s'ils eussent été les porteurs d'une heureuse nouvelle.

Au jour indiqué, les guerriers se présentent au rendez-vous dans leur plus bel accoutrement, lavés et parfumés comme pour la noce; ils ont tressé leur chevelure, disposé sur le côté droit un chignon dans lequel ils piquent des plumes qui se balancent au vent, hautes et fières autant que oncques casque panaché. Les femmes arrivent avec des cruches d'eau et des corbeilles d'aliments, car la mêlée sera rude et pourra durer plusieurs jours. Prennent place comme spectateurs les vieillards, auxquels l'âge ne permet plus d'entrer dans la lice; ayant participé à maintes de ces fêtes, ils conseilleront et encourageront leurs fils et leurs neveux. Le signal de la mêlée est donné par le parti agresseur, qui au milieu du champ jette un drap rouge, — on fera à la terre un manteau sanglant. Les djannis frappent dans la main : Une, deux, trois.... Allez-y gaiement!

La bataille est moins un engagement général qu'une succession de combats singuliers, entremêlés de dialogues et discours à la façon des héros d'Homère, coupés de repos et même de repas. Les spectateurs jouissent des passes d'armes; on dirait une représentation de gladiateurs; c'est un jeu, certes, mais un terrible jeu. Les coups de pleuvoir, les horions de tomber comme grêle; les guerriers de frapper leurs grands coups, bûcherons au travail dans un taillis d'hommes. O les beaux coups de hache, les belles feintes, les beaux écarts, les belles passes et ripostes, les beaux donnés, les beaux rendus! Les vieillards avisent, les femmes applaudissent, les femmes dont la présence est tenue pour indispensable. Les époux, les sœurs et les mères, toutes tant qu'elles sont, essuient la sueur qui découle des fronts sanglants, rafraîchissent les joues altérées, massent les membres fatigués; des mains caressantes apaisent les poitrines que l'effort fait palpiter.

Au premier qui tombe sans vie, prémices de la bataille, tous se précipitent pour tremper leur hache dans son sang; en quelques instants, son corps est chapelé. Qui a la chance de tuer son opposant, sans avoir été blessé lui-même, tranche le bras droit du mort et le porte au prêtre, pour qu'il en gratifie Loha. A la vêprée, on voit souvent un petit tas de bras sur l'un et l'autre autel : une trentaine d'hommes ont péri d'un côté, une vingtaine de l'autre; davantage ont été blessés : c'est le bilan du premier jour de festivités. On ne s'en tient pas toujours là, et, quand les choses se font grandement, on recommence le lendemain et jours suivants, jusqu'à ce que soient hors de combat tous les hommes jusqu'au dernier, qui étaient entrés au lice au nom du parti maltraité.

C'est, en effet, moins une bataille qu'un tournoi, qu'une joute en champ clos. Chevaliers plutôt que soldats, les Klonds ignorent la tactique, négligent les marches, contre-marches et mouvements tournants, mais ne se ménagent, ne s'épargnent point; ne manquent pas à se tuer, mais en famille, moins ennemis que rivaux.

Toutefois, les plus réjouissantes choses finissent par lasser, les plus jolies par durer trop longtemps. Les premières pour en avoir assez sont les femmes, qui dans ces rixes meurtrières sont exposées à perdre l'un par l'autre et leur propre père et le père de leurs enfants. Prises, comme le veut la loi, dans un clan autre que celui de leur nouvelle famille, plus d'une assiste au duel entre son frère et son mari, les admirant également, tremblant également pour leurs jours. Comme les Sabines d'autrefois, elles interviendront pour les réconcilier. Elles communiquent librement dans les deux camps, comme

font aussi, dans les montagnes d'Assam, les Katchou Nagasses, qui, quelque guerre que se livrent leurs maris, n'interrompent pas leurs petites visites et leurs affaires quotidiennes d'un village à l'autre. La neutralité est reconnue de celles qui voient s'entre-tuer époux et pères, frères et amis d'enfance; on ne trouve pas mal qu'au lendemain d'une bataille elles mélangent leurs regrets et leurs pleurs. A elles de s'entremettre et de se concerter pour la paix, et, au moment propice, elles font agir une tierce tribu qui s'interpose et envoie des hérauts pour crier : Assez! c'est assez! D'ordinaire on leur répond :

« Nous n'avons pas voulu la guerre; c'est Loha qui l'a exigée; s'il veut qu'elle continue, les flèches partiront malgré nous.

— Sans doute, répliquent les pacificateurs. Mais, si Loha est satisfait, tenez-vous pour contents. Nous allons le consulter. Que l'un et l'autre partis envoient chacun deux hommes, pour être témoins de la réponse qui sera donnée d'en haut. »

Le djanni apporte du riz, y fiche une flèche prise au sanctuaire d'Apollon Loha. — La flèche reste droite? Que la guerre suive son cours! — La flèche s'incline et tombe? Que la paix soit conclue!

Cependant les belligérants demandent un nouveau signe. Pourquoi pas? Le prêtre convoque tout le monde devant l'autel, invoque le dieu :

« O Loha! tu avais décidé la guerre. Pourquoi? Nous l'ignorons. Voulais-tu préserver entière notre vaillance, qui eût pu se détériorer dans l'inaction? Voulais-tu empêcher nos ennemis de devenir trop forts? Voulais-tu nous soustraire à la paresse et à l'indolence? Voulais-tu que nos morts fissent une fin honorable? Peut-être les forgerons, les tisserands et les distillateurs t'avaient incité à nous jeter dans une guerre qui leur a valu gains et profits. Les yams, les fauves, le gibier des jungles se sont-ils plaints qu'une plus longue paix leur serait fatale? Les abeilles, les oiseaux ont-ils craint d'être exterminés par nos chasseurs? Les bœufs se sont-ils plaints qu'ils étaient fatigués de porter le joug, de traîner la charrue? Avais-tu quelque autre raison à nous inconnue? Quoi qu'il en soit, pour ce qui nous concerne, nous en avons assez, et nous aimerions que la paix nous fût rendue, si tel est ton bon plaisir. Ta volonté, qu'il te plaise nous la faire connaître! »

Dans un plat, le djanni verse maintenant de la graisse fondue, allume une mèche. Si la flamme s'élève haute et droite, Loha veut continuer la guerre; mais, si la flamme s'incline d'un côté, Loha accepte qu'on se réconcilie.

Contre-épreuve : un œuf est dressé sur un plat de riz. Comme pour la flèche, selon qu'il restera debout ou qu'il tombera, Loha sera pour la guerre ou pour la paix :

« Loha, si tu veux que la guerre se poursuive, donne-nous une force qui dure jusqu'à ce que les armes échappent aux mains du dernier adversaire. Si tu veux la paix, ton service n'en souffrira pas. Mais agis sur les cœurs pour que la paix soit loyale et sincère. Sonde les âmes de nos ennemis, sonde les esprits de leurs dieux, découvre le fond de leurs pensées. S'ils désirent la tranquillité autant que nous-mêmes, nous danserons la danse de la paix, et nos pieds soulèveront une poussière qui de trois jours ne retombera sur le sol. »

Il suffit, et l'on entame les négociations, qui aboutissent. Le prêtre convoque les deux tribus et entonne une de ses longues litanies :

« Que la multitude assemblée prête l'oreille !
Voici comment les hostilités surgirent. Loha avait dit : Qu'il y ait guerre !
Loha entra dans les outils, qui d'instruments de paix se changèrent en armes offensives. Il se fit tranchant de la hache et pointe de flèche !
Il entra dans ce que nous mangions, dans ce que nous buvions, et tous ceux qui burent ou mangèrent furent emplis de fureur, et les femmes, amies de la paix, pourtant, attisèrent le feu au lieu de l'éteindre.
L'amour, l'amitié firent place à la haine et la discorde ; et une grande guerre s'ensuivit.
Maintenant Loha a eu ce qu'il voulait, le meurtre a émoussé les armes, la terre s'est engraissée de sang. Assez maintenant.
Que s'émoussent les armes, et que s'éteigne la colère ! Que reviennent l'amour et l'amitié !
Loha, veuille maintenant tourner tes pas ailleurs, et toi, Déesse du Croît, veuille nous regarder avec faveur et faire que notre peuple prospère et se multiplie ! »

Le prêtre alors asperge l'assistance avec une boue bénite, mélange d'eau sacrée et d'une terre prise dans une fourmilière ou dans une termitière.

Sitôt le traité conclu, les combattants de la veille se précipitent à la danse de la Paix, gigottent, sautent et tressautent avec un entrain qui s'exaltant jusqu'à la frénésie, emporte les dernières rancunes, les ressentiments mal effacés. La réconciliation est réputée donner au cœur la joie la plus intense qui se puisse éprouver au monde. Cette passion, Loha l'a inspirée lui-même ; cette extase, il serait impie de la réprimer, irrespectueux de la modérer. Si bien que, après s'être démené pendant trois à quatre heures, on n'a pas trop de quinze jours pour se remettre de la fatigue.

Assurément les tribus khondes comprennent la guerre autrement que nous. Ils en font l'accomplissement d'un rite religieux et d'un

devoir moral, grâce auquel la population masculine prend du ton et les dieux se gorgent du sang, du précieux sang humain, dont ils se montrent si souvent altérés. Semblablement, les anciens Mexicains s'envoyaient de temps à autre un message : « Nos dieux ont faim. Venez, les amis, et entre-tuons-nous pour leur donner à manger. » Ainsi, en 1454, lors de la grande famine, les prêtres se plaignirent, au nom des dieux, que les prisonniers procurés par les expéditions lointaines arrivaient trop fatigués et amaigris pour être appétissants aux immortels. En conséquence, les libres républiques d'une part, et les trois royaumes d'autre part, convinrent qu'ils entretiendraient une guerre constante, et qu'à des intervalles et des lieux déterminés par avance on se battrait à la chevalière, en vue de faire non des conquêtes, mais des prisonniers, qui serviraient à assouvir la faim des divinités. Pour le Khond, homme conscient de sa noble destinée, il n'est plus belle occupation que la guerre et la culture des champs. — « Nous méprisons disent-ils, toutes industries qui se pratiquent par assis, tous métiers dans lesquels on vieillit à son aise. La charrue nous repose des combats, et les combats nous restaurent après les fatigues de la charrue.

Chez ce peuple singulier, la guerre ne coupe pas court aux relations entre familles et tribus ennemies, aux galanteries et aux demandes en mariage. Même les noces ne sont pas renvoyées à la conclusion de la paix ; les parties belligérantes suspendent les massacres pour se rencontrer à des fêtes et réjouissances où ils se traitent avec courtoisie et s'amusent, semble-t-il, avec une parfaite insouciance, pour s'entr'égorger le lendemain avec autant de férocité que de bonne humeur. Cruels, il le sont, mais non pas méchants ; ils ont le meurtre gai, sans rancune ni mauvaise humeur. Ce qu'il faut attribuer, en partie, à la bonne foi parfaite avec laquelle ils attribuent la mort des uns et la victoire des autres à l'intervention immédiate et personnelle de leurs divinités, qui en dernière analyse sont seules tenues pour responsables.

X

Après avoir raconté comment vivent Kolhs et Khonds, et notamment comment ils se marient, comment ils tuent leurs filles, et de quelle manière ils s'entretuent dans leurs tournois, disons brièvement leurs coutumes funéraires et quelles idées ils se font de l'existence après la mort.

La crémation, en grand honneur parmi ces tribus, de droit pour les

chefs, patriarches et grands personnages, pratiquée pour la plupart des adultes mâles, est, sans exception, refusée au menu fretin des femmes et enfants. Interrogés sur cette diversité de traitement les indigènes expliquent que la crémation comporte trop de dépenses et de trop longues cérémonies pour qu'on la prodigue. Le motif est très plausible; cette explication, la seule qu'ils mettent en avant, est peut-être la seule qu'ils connaissent. Mais cette explication, devons-nous la prendre pour la vraie raison? Que de fois les peuplades tiennent pour sacrées des coutumes qu'elles se transmettent depuis un temps immémorial, mais sans les comprendre, les ayant empruntées à d'ignorants prédécesseurs, et ceux-ci à des voisins qui n'en savaient pas davantage. Pour être d'ordre pratique, l'explication alléguée ne nous semble pas décisive; c'est même à cause de ce caractère utilitaire que nous la tenons pour suspecte dans un ordre de choses où le genre humain s'est rarement piqué de bon sens et de sobriété, et semble souvent s'être complu aux extravagances. Si les Khonds visent à l'économie quand il s'agit de leurs femmes et de leurs enfants, pourquoi pousseraient-ils à la dépense quand il y va de leurs pères et de leurs frères? Reconnaissons-le : la mort a été universellement considérée comme la porte du monde surnaturel, et il est convenu qu'en ces matières on n'en appelle point à la science et au bon sens, mais à la foi et à l'imagination. Pour expliquer la mort, on s'est toujours adressé au rêve.

Dès qu'on réfléchit tant soit peu sur ces matières, on comprend que l'enterrement et la crémation relèvent de systèmes très différents ; on peut dire même qu'un abîme les sépare. En effet, disait l'antique théorie, la mort, dissociation de l'organisme, rend aux éléments ce qu'ils lui avaient prêté; l'Esprit — lumière et étincelle — s'envole avec la flamme dans les régions éthérées, vers le soleil, vers les astres distants. Honneur à ceux dont les restes soient déposés sur le bûcher! Autre le sort de ceux, de celles qu'on enterre; leur âme, ne contenant que des principes aqueux et terriens, finit avec l'existence actuelle ou ne la dépasse guère; elle est de nature inférieure et mortelle, par opposition à l'Esprit de nature divine. Les Mosinœques de l'Asie Mineure brûlaient aussi les hommes après la mort, enterraient aussi les femmes. L'explication bonne et valable pour une antique peuplade que les Dix Mille ont traversée dans leur fameuse retraite, serait-elle insuffisante pour les Khonds, parce que nous ne les avons découverts que depuis peu, et qu'ils nous étaient inconnus avant la conquête anglaise?

Les crémations, d'ailleurs, ne sont pas identiques parmi toutes ces tribus indigènes; elles comportent un rituel qui varie selon la caste

et la qualité. Ici, les individus sont brûlés debout, attachés contre un arbre maouâh; là, couchés, avec la tête regardant le sud. Les cendres ayant été recueillies, ainsi que les os, ces tristes restes sont étalés sur une couche de riz — probablement pour les rendre innoxieux — et on les porte en procession solennelle devant la demeure des parents et amis, dans toutes les rues du village. Le mort salue, est salué à chaque porte; on lui fait voir une dernière fois les arbres qu'il a plantés, les champs qu'il a cultivés; on le mène devant la garçonnière, à l'aire battue où il a si souvent dansé. Chez les Ouraons, les ossements sont finalement déposés sous une massive pierre tumulaire ombragée par un tamarin; chez les Khérias du Tchota Nagpore, on les jette dans le fleuve qui les descendra dans la vallée qu'habitaient autrefois les ancêtres, avant qu'ils eussent été chassés par l'invasion Arya.

XI

C'est pour assurer le bonheur du défunt, et, plus précieusement encore, le repos des survivants, que la plupart des religions ont imaginé leurs rituels funéraires : elles bannissent l'âme en certains espaces qu'elle ne franchira plus qu'à des époques fixées et où elle devra rentrer à des moments déterminés. Puisqu'elle traîne après elle des vapeurs délétères, et les miasmes empoisonnés du sépulcre, puisqu'elle souffle la fièvre et les pestilences, puisqu'elle infecte même ceux qu'elle avait chéris autrefois, elle ne peut trouver mal qu'on lui impose des quarantaines et des lustrations avant de lui laisser approcher les vivants qui aspirent l'air par les narines et dont la poitrine est une fontaine de sang chaud.

Ce que les morts savent faire le mieux, c'est de tuer. Par leur intermédiaire agissent les méchants sorciers, les maudits jeteurs de sorts. Les sorcières montent sur le toit des paillotes, y découvrent un trou, par lequel elles déroulent un fil auquel elles font toucher le corps de l'individu à maléficier. Par l'intermédiaire du fil, elles sucent le sang, font couler le poison dans l'estomac [1], débilitent les os. Si la vie, si la santé vous sont chères, ne vous laissez pas rencontrer par la femme morte en couches, laquelle hante sa pierre tumulaire. Vêtue d'une longue chemise blanche elle a la figure noire et triste, le dos barbouillé de suie et les pieds retournés. Et gare au démon de l'épilepsie, qui voltige au-dessus de Djeypour! Des flammes lui sortent de la bouche. A minuit, il se blottit dans un recoin obscur, ou perche sur

1. James Short, *Journal of the Ethnological Society*.

l'arête d'un toit, prêt à fondre sur le malavisé qui vaguerait par les rues Les tigres ont abondance de gibier dans la jungle; ils n'en sortiraient jamais pour déchirer bœuf ou chevreau, encore moins pour dévorer un homme, n'était qu'un dieu leur en donne commission expresse, ou n'était qu'un sorcier rancuneux s'est fait *nilipa* ou garou, en se glissant dans leur peau tachetée.

Pour échapper à l'action malfaisante de ces esprits et de leurs compères, on s'adresse aux prêtres intermédiaires officiels entre les deux mondes, celui des vivants et celui des morts, sorciers eux-mêmes, mais pour le bon motif. Leurs offices étant reconnus indispensables, la communauté leur alloue l'insufruit du « champ des dieux », plus ou moins grand, selon les cantons. Cette existence pourrait passer pour assez facile et commode, n'était qu'elle impose la retraite, désagréable à plusieurs; n'était qu'elle interdit de prendre part au noble jeu de la bataille qui passionne les Khonds; n'était encore qu'elle ne permet pas de partager le repas des laïques et même de manger la nourriture qu'ils auraient préparée. Aussi les amateurs ne sont pas nombreux, bien que l'industerie sacerdotale soit parfaitement libre et ouverte à tous, tant à l'entrée qu'à la sortie — sauf cependant s'il s'agit du culte du dieu Soleil, qu'on veut héréditaires dans certaines familles. N'importe qui a le droit de se consacrer au service de toutes autres divinités, bien entendu après avoir passé par l'apprentissage de rigueur. L'aspirant se retire dans la forêt, où il se « met en rapport » avec les divinités qui emplissent les fourrées, avec les divinités qui foisonnent dans les halliers. Il laisse croître sa barbe et sa chevelure; et, quand elle est suffisamment longue et broussailleuse, il acquiert le don de divination. Mais il ne sera pas accepté comme prophète avant qu'il ait donné une preuve jugée suffisante de sa capacité à prévoir l'avenir, précaution fort raisonnable assurément. La divinité prend possession de sa personne en le faisant éternuer de la belle manière; il se démène alors comme le possédé qu'il prétend être, il hurle et vocifère, déraisonne de la façon la plus orthodoxe. Quand besoin sera, il ira à la piste des sorcières, les découvrira et les dénoncera au peuple, qui se mettra immédiatement en devoir de lui arracher les deux incisives de devant : traitement qui la rendra impuissante désormais et que connaissaient les anciens arabes [1]. Puis on la bat et la maltraite, souvent jusqu'à la laisser morte sur place. Le prêtre, sorcier lui-même et anti sorcier, selon les cas, calmera la fureur des tigres, pacifiera la pestilence. Il saura trouver la pierre noire que hante la fièvre, l'arrosera

1. *Chronique de Tabari.*

de sang, la déposera solennellement sous un certain arbre, et finalement l'enclora dans une plantation d'euphorbes.

Autres exploits : il ramasse les vieux balais, marmites ébréchées, gourdes fêlées, corbeilles mal en point, tous objets que hantent volontiers les esprits en rupture de ban; il les jette au fond de la forêt, ou les suspend au bras d'un gibet, aux branches d'un arbre mort, dans un endroit bien désert; il verse du sang et de l'eau-de-vie pour attirer tous ces goulus, et, quand ils se sont jetés sur l'appât, il les emprisonner dans une enceinte de poteaux auxquels il append des armes rouillées, clôture qu'ils n'oseront franchir.

Aux djannis il appartient encore d'interpréter la volonté du destin et de rendre des oracles en consultant les oscillations d'un pendule, ou encore en écrasant contre une pierre un œuf pour en examiner les configurations du blanc et du jaune. Les Moundahs ont une sorte de Pâques, dans laquelle fête chacun s'amuse à heurter son œuf contre celui du passant. A l'imitation du grand Sing Bonga, qui avec un simple œuf de poule cassa les globes de fer que lui opposaient ses rivaux, les Asours, dieux forgerons dans ces contrées. Les œufs sont fatidiques, au moins autant qu'ailleurs. Les Ouraons en mangent avec recueillement sur l'emplacement de la hutte qu'ils vont construire, du village qu'ils vont fonder, emplacement qu'ils ont déjà rendu propice en y jetant du riz.

Ecarter les esprits malfaisants, pourvoir au bon augure, telles sont les occupations ordinaires du prêtre; les plus importantes et solennelles consistent à égorger les victimes dont le sang assouvira la soif des divinités et des mille et mille diablotins qui foisonnent dans la forêt et la campagne, dans l'air et les eaux, dans les creux de la terre. Aux fidèles s'il paraît grand quand il saigne poules, chèvres et taureaux, le prêtre paraît sublime quand il immole des victimes humaines : tuer des enfants, tuer des adultes, tuer des jeunes filles, nulle fonction n'est plus auguste.

ELIE RECLUS.

LES ORGANISMES VIVANTS

ET LA MANIÈRE DE LES ÉTUDIER

Par Huxley

(Suite [1].)

VI. — Chara *ou* nitella

Ces plantes aquatiques se rencontrent assez fréquemment dans les ruisseaux et dans les rivières où elles poussent en masses entortillées de couleur vert-sombre. Chaque plante est un peu plus grosse qu'une forte aiguille, mais elle peut atteindre trois ou quatre pieds de long. Une des extrémités de la tige est fixée au fond de l'eau dans la vase, l'autre flotte à la surface. De distance en distance se présentent des *appendices : feuilles*, *rameaux*, *filaments radiculaires* et *organes reproducteurs*. Ces appendices sont disposés en cercles ou *verticilles*. A la partie inférieure comme à la partie moyenne de la plante, ces verticilles sont placés à intervalles sensiblement égaux et à des distances considérables les uns des autres; mais, à mesure qu'on s'approche de l'extrémité libre, les mêmes intervalles deviennent de plus en plus courts; en même temps, les appendices verticillés eux-mêmes se raccourcissent; enfin, à l'extrémité même de la tige, ils forment par leur coalescence un bourgeon terminal, dont l'analyse exige l'emploi du microscope.

Les parties de la tige ou axe dont naissent les appendices s'appellent les *nœuds*, les parties intermédiaires sont les *entre-nœuds*. A la loupe, ces nœuds paraissent ornés d'une striation en spirale.

Dans les *Chara*, chaque entre-nœud est constitué par une cellule unique très allongée qui s'étend d'un bout à l'autre de l'entre-nœud. Elle est revêtue d'une couche corticale composée de plusieurs cellules dont la disposition spiralée donne à la surface l'apparence que nous avons signalée. Cette structure multi-cellulaire de la couche corticale se répète à chaque nœud de la tige. Ainsi la tige consiste en une série de longues cellules axiales contenues comme dans de petites chambres closes formées par les cellules corticales. Les nœuds sont des cloisons multicellulaires interposées à ces chambres. Les rameaux ont tout à fait la même structure que la tige principale. Les feuilles

1. Voir le numéro précédent.

ressemblent également à la tige, étant formées comme elles de cellules axiales et corticales. Elles en diffèrent cependant par la forme et les proportions de ces cellules. Elles en diffèrent également en ce point que leur sommet ou extrémité libre est toujours une cellule très longue et pointue. Les rameaux naissent de l'angle rentrant formé par la tige et la feuille (aisselle de la feuille). C'est également là qu'à la saison où fructifie la plante, on trouve les organes reproducteurs. Ces organes sont de deux sortes : les premiers, grands et de forme ovale, sont les *sporanges* ou *fruits sporifères*[1]; les autres, plus petits et globuleux, les *anthéridies*. Tous deux, à leur maturité, sont colorés en rouge-orangé et portés par un court pédicelle.

Si nous observons une plante en cours d'accroissement, nous verrons qu'elle s'accroît constamment en longueur de deux manières différentes. Des nœuds, des entre-nœuds et des verticilles de nouvelle formation se présentent constamment à la base du bourgeon terminal. Ces appendices, en augmentant de volume et en s'écartant de plus en plus les uns des autres, finissent par se trouver aussi volumineux et aussi écartés les uns des autres que dans les parties âgées de la plante. En premier lieu, les appendices sont exclusivement constitués par des feuilles et des filaments radiculaires ou *rhizoïdes*, et ce n'est qu'après qu'ils ont atteint leur plein développement, que des rameaux, des sporanges et des anthéridies se développent à leur aisselle. Il arrive parfois que des amas cellulaires de forme arrondie apparaissent à l'aisselle des feuilles, et se détachent de la plante-mère pour donner naissance en se développant à de nouveaux individus. Ils sont comparables aux *bulbilles* des plantes supérieures.

Si nous examinons la partie interne du bourgeon terminal qui forme l'extrémité libre de la tige, nous la trouvons formée d'une cellule nucléée unique, séparée des autres par une cloison transversale. Au-dessous de cette cellule terminale, nous en trouvons d'autres qui ont formé, en se divisant par des cloisons longitudinales, de nombreuses cellules plus petites. C'est le dernier nœud formé. Au-dessous se présente de nouveau une cellule unique, à la fois plus longue et plus large que la cellule apicale, c'est un entre-nœud. Il est suivi d'un nouveau nœud, composé de petites cellules plus nombreuses que dans le premier. Parmi les cellules périphériques de ce nœud, il en est qui s'accroissent, se segmentent et donnent ainsi naissance à des protubérances cellulaires, rudiments du premier verticille foliaire. En

1. Le nom d'*Oogemme* convient mieux à l'organe de reproduction femelle des *Chara* que celui de *Sporange*. Ce dernier terme est généralement réservé aux conceptacles renfermant des cellules reproductrices asexuées ou *Spores*.



allant toujours vers l'extrémité inférieure de la tige, nous verrons les cellules des entre-nœuds s'allonger de plus en plus, mais sans plus se diviser. Les cellules nodales au contraire se multiplient par segmentation, mais ne s'allongent plus guère. A partir de la première, les cellules nodales surplombent l'entre-nœud, de façon à se trouver disposées autour de son équateur, et l'entourer ainsi complètement à l'extérieur. Et au fur et à mesure que la cellule internodale croît et s'allonge, les parties surplombantes du nœud augmentent de longueur et se divisent en cellules internodales et nodales, qui se disposent suivant une spirale et donnent ainsi naissance à la couche corticale.

Ainsi la plante entière n'est qu'un agrégat de simples cellules. Durant sa vie, de nouveaux nœuds, de nouveaux entre-nœuds se forment sans cesse à son sommet, au *point végétatif*. Les cellules internodales qui donnent naissance à la partie centrale de la tige ne subissent plus, une fois formées, de modifications importantes, à part un accroissement considérable dans le sens de la longueur. Les cellules nodales, au contraire, se segmentent en modifiant très peu leurs dimensions. C'est d'elles que procèdent les nœuds, la couche corticale et les appendices.

Dans toutes les jeunes cellules de *Chara,* nous voyons un noyau de taille relativement considérable enfoui au milieu du protoplasma, lequel est immobile, entouré d'une membrane cellulaire anhiste et contient de la chlorophylle. Quand les dimensions de la cellule s'accroissent, il apparaît, au centre du protoplasma, une gouttelette d'un liquide aqueux. La portion périphérique dense du protoplasma qui reste appliquée contre la membrane cellulaire constitue un sac membraneux (*utricule primordial*) dans l'épaisseur duquel est contenu le noyau. Dans les grandes cellules, on peut, au moyen de l'alcool fort, détacher facilement l'utricule primordial de la membrane cellulaire et le faire se rassembler au milieu de la cellule.

De nombreux corpuscules verts, les *grains de chlorophylle*, sont enfouis dans la partie extérieure ou superficielle de l'utricule primordial. Leur nombre s'accroît par division, à mesure que la cellule s'agrandit. Ces grains de chlorophylle sont composés d'une matière protoplasmique qui renferme souvent des grains d'amidon et qu'imprègne le pigment vert.

Durant la vie, la couche de l'utricule primordial, qui, dans les grandes cellules, est en rapport avec leur contenu aqueux, est incessamment le siège d'un mouvement de rotation, tandis que la couche externe où sont les grains de chlorophylle est tout à fait en repos.

Dans les grandes cellules, aussi longtemps qu'on peut apercevoir len oyau, on le voit entraîné dans ce mouvement de rotation.

L'*anthéridie* est un corps globuleux, presque sphérique, à parois épaisses, formées de huit pièces assemblées par leurs bords qui s'engrènent. Les quatre pièces qui composent l'hémisphère auquel s'attache le pédicelle de l'anthéridie sont quadrangulaires, les quatre autres triangulaires. Du centre de la face interne concave de chaque pièce s'avance dans l'intérieur de cette sphère creuse une sorte de courte protubérance, le manche ou *manubrium*. A l'extrémité libre du manubrium est un corps arrondi, le *capitule*, qui porte lui-même 6 *capitules secondaires* plus petits. A chacun des capitules secondaires s'attachent quatre longs filaments divisés par des cloisons transversales en une foule (100 ou 200) de petites chambres. Il peut y avoir de la sorte de 20 000 à 40 000 chambres dans chaque anthéridie ($8 \times 6 \times 4 \times 100$ ou $\times 200$). Les diverses pièces dont est composée la paroi de l'anthéridie, le manubrium, les capitules, les capitules secondaires et les petites chambres des filaments sont des cellules modifiées. On peut s'en assurer en suivant le développement de l'anthéridie, depuis son origine comme simple bourgeon de la région nodale, jusqu'à sa complète formation. Les cellules des filaments ressemblent tout d'abord aux autres cellules, mais, dans chacune d'elles, le protoplasma se convertit graduellement en un corps filamenteux, plus gros à une de ses extrémités qu'à l'autre et enroulé en spirale comme un tire-bouchon. De l'extrémité amincie partent deux longs cils. Au moment où se produit la déchirure des cellules, les anthérozoïdes sont mis en liberté, et se meuvent rapidement, la petite extrémité en avant, au moyen de leurs cils vibratiles. Ces anthérozoïdes correspondent aux *spermatozoïdes* des animaux et représentent l'élément mâle des *Chara*.

Les *sporanges* ou *fruits sporifères* (*oogemmes*) sont portés par un court pédicelle dont l'extrémité supporte au centre une grande cellule ovale. Cinq rangées de cellules disposées en spirale environnent cette dernière et laissent entre elles un passage au sommet du sporange. Une fois mûres, les anthéridies éclatent, leurs anthérozoïdes sont mis en liberté et nagent dans l'eau environnante. Quelques-uns d'entre eux franchissent l'orifice du sporange, et, selon toute probabilité, percent le sommet libre de la cellule ovale du centre et se confondent avec son protoplasma; on n'a cependant pas suivi toutes les étapes de ce processus d'imprégnation. Il en résulte, toutefois, que le contenu de la cellule centrale se charge d'amidon et d'huile et que les cellules disposées en spirale, qui lui forment un revêtement, acquiè-

rent une couleur foncée ainsi qu'une consistance ferme. Alors le sporange se détache spontanément et tombe dans la vase.

Au bout d'un certain temps, il germe; un prolongement tubulaire, semblable à une hypha, se produit à l'extrémité où se trouve l'orifice et donne presque immédiatement naissance à ce qui est la racine primitive (voyez plus loin le développement de la spore de la fougère). Ce prolongement en forme d'hypha s'allonge et se divise transversalement en cellules dont le protoplasma se charge de chlorophylle. Bientôt après, ce *proembryon* cesse de s'accroître. Mais une des cellules qui se trouve à une faible distance de l'extrémité libre du proembryon bourgeonne et donne ainsi naissance à une série de feuilles (non disposées en verticille). Au milieu d'elles apparaît un bourgeon qui a la structure du bourgeon terminal de la tige adulte des *Chara*, et qui forme en se développant une nouvelle *Chara*.

Nous avons donc dans la *Chara* un exemple de plante *acrogène* (ou s'accroissant par le sommet) qui se segmente en articles, en développant de distance en distance des appendices le long d'un axe, qui se multiplie par voie asexuelle au moyen de bulbilles, et se multiplie également par voie sexuelle, au moyen des anthérozoïdes (éléments mâles) et des cellules centrales des sporanges (éléments femelles); dans laquelle le premier produit de la germinative de l'œuf (*oosphère*) imprégné est un corps en forme d'hypha, lequel donne lui-même naissance à la jeune Chara par la germination et l'accroissement d'une de ses cellules; de telle façon qu'il y a là en quelque sorte alternance de génération, quoique l'on ne puisse absolument distinguer l'une de l'autre les formes alternantes.

La *Chara* prospère dans l'eau des ruisseaux sous l'influence des rayons solaires, et au moyen de la chlorophylle, de telle sorte qu'il s'accomplit chez elle les mêmes phénomènes nutritifs que chez le *Protococcus*. Comme elle est complètement plongée dans l'eau et ne présente rien d'analogue à des vaisseaux ou à un tissu vasculaire, il est probable que toutes ses parties absorbent et assimilent les matières nutritives contenues dans l'eau, et qu'à l'exception des organes reproducteurs, une différenciation morphologique des organes accompagne une différenciation physiologique correspondante.

La *Nitella* est une plante plus difficile à rencontrer que la *Chara*, et de structure plus simple, car son axe est dépourvu de couche corticale. A d'autres égards, elle ressemble complètement à la Chara, et on se rend d'ailleurs plus facilement compte de sa structure.

[Les *Characées*, ou plantes voisines des genres *Chara* et *Nitella*, se trouvent dans toutes les parties du monde, et sont, à beaucoup d'égards, étroitement alliées aux

Algues, ou plantes aquatiques. Mais les Algues n'ont pas d'axe et d'appendices d'une structure analogue, ou bien se développant de la même façon; leurs organes reproducteurs ne sont pas non plus semblables. Les anthérozoïdes des *Chara* ressemblent en réalité à ceux des Mousses, desquelles d'ailleurs les *Chara* diffèrent pleinement sous tous les autres rapports.]

MANIPULATION.

A. Caractères visibles a l'œil nu.

Remarquez l'axe long et grêle (*tige*); les appendices verticillés (*feuilles*); les *nœuds* et les *entrenœuds;* la façon dont ces derniers diminuent de longueur en s'approchant du sommet de la tige; les *rhizoïdes.*

a. Les *racines :* petites; servent surtout à fixer la plante qui pourvoit à son alimentation surtout au moyen de ses autres parties, aux dépens des substances en dissolution dans l'eau.

b. Les *feuilles :* leurs subdivisions (*folioles*); leur forme, leur taille.... etc.

c. Les *sporanges* (*oogemmes*) et les *anthéridies :* leur position, leur taille, leur forme et leur couleur.

Dessinez une portion de la plante comprenant deux ou trois entrenœuds.

B. Structure histologique.

a. La tige.

1. Examinez l'extérieur d'un entre-nœud frais avec un grossissement faible, au moyen d'une loupe de poche par exemple, pour voir la disposition en spirale des cellules corticales.

2. Maintenez un fragment de tige fraîche entre deux morceaux de carotte, ou bien fixez-le par inclusion dans la paraffine, et, au moyen d'un rasoir affilé, pratiquez-y des coupes transversales et longitudinales intéressant nœuds et entre-nœuds. Notez la grande cavité de la cellule centrale (*cellule médullaire* ou *internodale*), dans les entrenœuds; les *cellules corticales* autour de la cellule médullaire; les *cellules nodales* et l'interruption de la cavité centrale dans les nœuds.

3. Examinez des sections analogues pratiquées sur des échantillons traités par l'alcool, et aussi des préparations obtenues par tige ayant macéré dans l'acide chromique à 0,2 0/0. Observez :

α. Les cellules nodales, internodales et corticales.

β. La paroi (*membrane*), la couche protoplasmique (*utricule pri-*

mordial), le noyau et la vacuole de chaque cellule (Le noyau n'est pas toujours présent dans les cellules âgées).

4. Examinez une coupe faite à travers une tige fraîche pour vous rendre compte des points de détail mentionnés en B. **a.** 3. β. On aperçoit difficilement le protoplasma et le noyau. Notez les granules de chlorophylle. (Voyez B. **b.** γ.)

5. Colorez des coupes d'une tige fraîche avec l'iode et la solution d'aniline : notez les résultats.

b. Les feuilles.

Examinez des échantillons frais et d'autres traités par l'aide chromique.

α. La grande cellule terminale non recouverte par d'autres.

β. Ensuite une série de cellules internodales, séparées les unes des autres et recouvertes par les cellules nodales : le protoplasma, le noyau, et la vacuole de chacune.

γ. La *chlorophylle :* rassemblée en grains de forme ovale et disposée de façon à laisser autour de chaque cellule une bande incolore oblique; la position de ces granules dans la couche tout à fait superficielle du protoplasma.

δ. Les mouvements protoplasmiques (voy. *C.* **a.**)

c. Le bourgeon terminal.

Autant qu'il est possible, disséquez-le au moyen d'aiguilles sur des échantillons macérés dans l'acide chromique, et comprimez-le légèrement après l'avoir mis dans la glycérine. Notez dans les divers échantillons.

a. La cellule terminale ou apicale.

α. *La forme :* hémisphérique, la convexité de l'hémisphère est libre et sa surface plane attachée à la cellule située au-dessous.

β. *Structure :* membrane, protoplasma, noyau; pas de vacuole.

γ. Parfois deux noyaux : c'est l'indice d'une division qui va s'effectuer.

δ. Son mode de division : elle se divise par une cloison perpendiculaire à l'axe longitudinal de la tige et donne ainsi naissance à deux cellules nucléées superposées.

b. Le sort ultérieur des nouvelles cellules qui naissent successivement par segmentation de la cellule terminale; observez les faits suivants dans vos échantillons en descendant à partir de la cellule terminale :

α. Les nouvelles cellules sont successivement *nodale* et *interno-*

dale; cette dernière grandit, se munit d'une grande vacuole, et en dernier lieu forme la cellule médullaire de l'entre-nœud; elle ne se divise pas.

β. Les cellules nodales se divisent librement, et leur taille ne s'accroît guère; elles donnent naissance aux nœuds et aux cellules corticales.

c. Le développement des feuilles : par la multiplication et l'accroissement des cellules nodales.

d. Leur accroissement basilaire, la cellule foliaire terminale ayant bientôt atteint son plein développement et ne se divisant plus.

e. La formation des rameaux; aux dépens des cellules nodales situées à l'aisselle des feuilles, qui usurpent le caractère de cellules terminales.

d. Les sporanges (*oogemmes*). Examinez-les à l'état frais, avec un faible grossissement.

α. Ils sont composés extérieurement de cinq cellules tordues en hélice qui portent à leur sommet cinq cellules plus petites, non tordues.

β. Pratiquez des coupes dans des échantillons inclus, et examinez la préparation à un fort grossissement : remarquez la grande cellule centrale nucléée, les matières graisseuses et amylacées qu'elle contient; colorez par l'iode.

γ. Comprimez dans la glycérine quelques sporanges traités préalablement par l'acide chromique. Observez les points mentionnés plus haut (**d**, α, β.)

δ. Examinez de jeunes sporanges traités par l'acide chromique, et comprimez-les dans la glycérine : observez dans les plus jeunes échantillons les cinq cellules arrondies qui entourent une cellule centrale; dans les échantillons plus âgés, vous observerez l'élongation et l'enroulement des cellules externes, et la séparation en cinq cellules distinctes qui s'opère à leur sommet.

e. L'Anthéridie.

a. Examinez, à un faible grossissement, une anthéridie mûre (de couleur orange).

α. Observez les cellules, externes, dentelées.

β. Dissociez dans l'eau une anthéridie mûre et examinez la préparation à un fort grossissement; notez les cellules externes plates, dentelées, nucléées; les cellules cylindriques (*manubrium*) qui naissent perpendiculairement sur la surface interne de chacune d'elles; les cellules arrondies (*capitules*) à l'extrémité interne du manubrium;

les six *capitules secondaires* attachés au capitule; les filaments allongés (d'ordinaire au nombre de quatre), qui procèdent de chaque capitule secondaire.

γ. La structure de ces filaments; chacun consiste en une rangée unique de cellules, qui, dans les échantillons incomplètement mûris, sont remplies par un protoplasma nucléé; dans les échantillons plus âgés, chacune contient un *anthérozoïde* spiralé.

b. Les anthérozoïdes.

α. Leur forme et leur structure; renflés à un bout et granuleux, ils vont en s'effilant par degrés vers l'autre extrémité, qui est hyaline et pourvue de deux longs cils.

β. Les mouvements dans l'eau des anthérozoïdes arrivés à maturité.

[Souvent il arrive qu'on ne puisse se procurer des Chara alors qu'on rencontre des Nitella, un autre genre du même ordre naturel, d'aspect et de structure similaires. Toutes les particularités décrites plus haut pour les Chara s'appliquent de tout point aux Nitella, avec les différences suivantes : la couche corticale de la tige et des feuilles est absente, et dans les espèces les plus communes, la plante n'est pas encroûtée par un dépôt de sels calcaires; il part non pas un, mais deux rameaux d'un verticile de feuilles, et les cinq cellules tordues du sporange sont coiffées chacune de deux petites cellules au lieu d'une.]

C. MOUVEMENTS DU PROTOPLASMA DANS LES CELLULES VÉGÉTALES.

a. **Chara**. Prenez une cellule fraîche de Chara ou de Nitella d'apparence vigoureuse (par exemple la cellule terminale d'une feuille), et examinez-la dans l'eau à un fort grossissement. Fixez votre attention sur la couche superficielle du protoplasma qui renferme les grains de chlorophylle; elle est stationnaire : déplacez le foyer pour examiner la couche protoplasmique la plus profonde. Remarquez les courants dont elle est le siège; ils sont indiqués par le déplacement des grains de chlorophylle entraînés par eux; leur direction : elle est parallèle au grand axe de la cellule; d'un côté de cette cellule le courant se dirige vers le haut, de l'autre vers le bas.

Essayez de trouver le noyau; d'ordinaire il a disparu dans les cellules où les courants ont commencé à se produire, mais quand il existe, il subit passivement leur influence et se laisse charrier par eux. Il est parfois très difficile, en raison de l'encroûtement des cellules foliaires des characées, d'observer les mouvements protoplasmiques qui s'y produisent; si tel est le cas, on peut se servir à leur place des cellules manu riales d'une anthéridie.

b. **Tradescantia**. Examinez leurs poils staminaux dans l'eau, à un fort grossissement : ils consistent en une rangée de grandes cellules

rondes, pourvues chacune de membrane, de protoplasma, de noyau et d'espaces vaculaires. Remarquez le protoplasma; en partie il forme une couche (utricule primordial) qui tapisse la membrane et qui contient le noyau et en partie forme des brides qui traversent la cellule en divers sens; les unes partent des environs du noyau, les autres unissent ensemble diverses parties du protoplasma; observez les courants qui circulent dans ces brides; dans les unes ils partent du noyau, dans les autres, ils se dirigent vers lui.

c. **Vallisneria.** Prenez une feuille commençant à paraître âgée; séparez-la en deux couches à l'aide d'un scalpel bien affilé et montez-en un morceau dans l'eau; examinez la préparation à un fort grossissement. Notez les grandes cellules rectangulaires qui tapissent les couches profondes, avec les courants bien marqués qui s'y produisent et qui charrient des grains de chlorophylle en faisant le tour de la cellule.

Si les courants ne s'aperçoivent pas tout d'abord, chauffez légèrement la feuille en la plongeant quelques instants dans l'eau à une température de 30 à 35° C.

d. **Anacharis.** Prenez une feuille d'apparence jaunâtre : montez-l dans l'eau et observez à un fort grossissement; on observe les mêmes phénomènes que dans la Vallisneria. On les observe bien surtout dans la couche unique de cellules qui borde la feuille.

e. **Poil d'ortie.** Montez dans l'eau un poil d'ortie intact, avec le fragment de la feuille auquel il est attaché (il est essentiel que la portion terminale recourbée de la grande cellule qui forme le poil ne soit pas brisée); examinez avec le plus fort grossissement que vous pourrez, on apercevra dans la cellule des courants qui charrient de très fines granulations et dont la direction générale est celle de son grand axe.

VII. — La fougère

(Pteris aquilina.)

Les parties visibles de cette plante sont de grandes feuilles vertes ou *frondes*, qui partent du sol et s'élèvent parfois jusqu'à cinq ou six pieds de haut. Ces frondes consistent en un axe semblable à une tige ou *rachis*, d'où partent des ramfications disposées transversalement; celles-ci se subdivisent enfin en folioles aplatis ou *pinnules*. Le rachis de chaque fronde peut être suivi dans la terre jusqu'à une certaine distance. La portion souterraine acquiert une couleur brune, et finit par devenir un corps irrégulièrement ramifié, également de couleur

brun foncé, communément appelé racine de la fougère, mais qui est en réalité une tige souterraine ou *rhizôme*. De la surface de ce dernier partent de nombreux filaments qui sont les vraies racines. En suivant le rhizôme dans un certain sens à partir du point où s'insère la fronde, on voit qu'il présente les parties basilaires desséchées des frondes qui se sont développées dans le cours des années précédentes et qui sont mortes; tandis que dans la direction opposée, il se termine, après un espace plus ou moins long, par une extrémité arrondie entourée de nombreux poils très fins qui est le sommet ou point végétatif de la tige. Entre l'extrémité libre et la fronde entièrement formée, on rencontre d'ordinaire un ou plusieurs appendices, rudiment des frondes qui doivent atteindre leur plein développement dans les années suivantes.

Les points d'insertion des frondes s'appellent les nœuds, et les espaces compris entre deux nœuds successifs, les entre-nœuds. On doit observer que les entre-nœuds ne se raccourcissent pas en approchant du sommet, et que celui-ci n'est en rien comparable au bourgeon terminal des *Chara*, avec ses nombreux appendices rudimentaires.

Lorsque les frondes ont atteint leur plein développement, on voit le bord des pinnules enroulé du côté de leur face inférieure, et bordé de nombreux filaments semblables à des poils qui s'abritent dans le sillon formé par le bord recourbé. Au fond du sillon, des corps granuleux de couleur brune sont assemblés de façon à former une rangée de chaque côté de la pinnule. Ces granules sont les *sporanges* et les corps formés par leur agrégation, les *sores*.

Examiné avec un verre grossissant, chaque sporange a l'apparence d'un sac qui serait formé de deux verres de montre unis par leurs bords épaissis. Mûr, il est brun, crève facilement et donne naissance à d'innombrables corpuscules qui sont les *spores*.

La plante que nous venons de décrire est composée d'une foule de cellules, ayant la même valeur morphologique que les cellules des *Chara* et dont chacune est constituée par une masse protoplasmique, un nucléus et une membrane de cellulose. Ces cellules modifient cependant beaucoup leur forme et leur structure, suivant les différentes régions du corps de la plante, et donnent naissance à des groupes de structures appelés *tissus*, dans chacun desquels les cellules ont subi des modifications spéciales; les tissus sont, jusqu'à un certain point, reconnaissables à l'œil nu. Ainsi une section transversale du rhizôme montre à la périphérie une zone circulaire de la même couleur brun foncé que l'*épiderme* extérieur, renfermant une

substance fondamentale blanche, interrompue par des *bandes*, *taches* et *points* diversement disposés, dont quelques-uns possèdent la couleur brun foncé de la zone externe, tandis que les autres sont d'un jaune pâle tirant sur le brun.

Les points brun foncé sont semés sans ordre, mais la majeure partie des tissus brun foncé sont groupés en deux bandes étroites, situées à égale distance du centre et de la circonférence; les bandes sont parfois réunies à leurs extrémités. Entre ces deux bandes étroites, de couleur brun foncé, il y a ordinairement deux bandes allongées, ovales, de couleur jaune brun; et en dehors on trouve quantité de taches offrant la même nuance. Une d'entre elles est d'habitude beaucoup plus longue que les autres.

Une section longitudinale montre que chacune de ces taches colorées répond à la section transversale d'une bande de substance analogue, qui s'étend dans toute la longueur de la tige; parfois restant distincte, parfois donnant naissance à des branches qui vont rejoindre les bandes analogues, avec lesquelles elles peuvent d'ailleurs s'anastomoser.

Cependant, aux approches du sommet de la tige, la couleur de ces bandes s'affaiblit, et elles ne se dessinent plus que comme de simples traits qui finissent par disparaître ensemble dans la substance gélatineuse demi-fluide qui forme l'extrémité en voie d'accroissement de la tige. Soumise à l'examen microscopique, la substance fondamentale blanche ou *parenchyme* paraît consister en grandes cellules polygonales, renfermant de nombreux grains d'amidon; et la zone périphérique est formée de quelques cellules allongées dont les membranes épaisses ont acquis une coloration brun foncé et qui ne renferment que peu ou point d'amidon. Les bandes brun foncé, d'autre part, sont constituées par des cellules allongées au point de mériter le nom de *fibres* et forment ce qu'on appelle le *sclérenchyme*. Leurs membranes sont très épaisses et de couleur brun très foncé; mais l'épaississement s'est effectué inégalement, de façon à laisser de petits intervalles, courts, obliques, qui ressemblent à des fentes. Les bandes jaunâtres, enfin, sont les *faisceaux vasculaires*. Chacun d'eux est constitué vers l'extérieur par des cellules à parois épaisses, allongées, à faces parallèles; en dedans, se trouvent des tubes allongés dépourvus de protoplasma et qui souvent contiennent de l'air. Dans la plupart de ces tubes et dans tous ceux qui ont un diamètre considérable, les parois sont fortement épaissies et l'épaississement s'est effectué suivant des lignes transversales équidistantes. Les tubes se sont aplatis l'un contre l'autre par compression mutuelle, de sorte qu'ils sont à cinq ou six

pans; alors les ornements des parois aplaties figurent les barreaux d'une échelle, d'où le nom de *conduits* ou *vaisseaux scalariformes*. La cavité de ces vaisseaux scalariformes est interrompue de distance en distance, suivant la longueur des cellules qui les constituent, par des cloisons obliques, souvent perforées. Parmi les vaisseaux à lumière étroite, on en trouve un petit nombre où l'épaississement s'effectue suivant une spirale parfaite. Ce sont les *vaisseaux spiraux*.

Le rachis de la fronde, aussi loin qu'il s'éloigne de la surface du sol, est d'un vert brillant. Sur une section transversale il présente une substance fondamentale verte interrompue par des traînées irrégulières de couleur moins foncée qui sont la section transversale de bandes longitudinales semblablement colorées. Il n'y a ni taches ni bandes brunes. Au microscope, la substance fondamentale paraît composée de cellules polygonales renfermant de la chlorophylle. Ce tissu est revêtu d'un épiderme superficiel, dont les membranes sont épaissies de façon à former çà et là de petites ponctuations circulaires. Il s'ensuit que les parois de ces cellules, vues à angle droit avec l'axe de la vision, paraissent munies de ponctuations claires; tandis que sur une section transversale des membranes, ces mêmes ponctuations apparaissent sous forme de dépressions innu dibuliformes.

Les bandes de couleur claire sont des faisceaux vasculaires pourvus de vaisseaux scalariformes et de vaisseaux spiraux. La couche de tissu qui les entoure extérieurement est principalement formée de longues fibres creuses à parois très épaisses, terminées en pointe à chaque extrémité. Ces fibres sclérenchymateuses présentent des espaces clairs, obliques, ressemblant à des fentes, produits par l'interruption partielle de l'épaississement sur leurs parois.

Les faisceaux vasculaires, le parenchyme vert et l'épiderme se continuent dans chaque pinnule de la fronde. A la partie supérieure de la pinnule, l'épiderme garde ses caractères habituels, sauf que les contours des cellules qui le composent sont parfois irréguliers. Sur la face inférieure, il se développe plusieurs poils et les cellules modifient singulièrement leur forme, leurs membranes développent des lobes qui s'engrènent avec les productions similaires des cellules voisines.

Entre plusieurs de ces cellules se trouve un espace ovale formant un canal ou communication entre l'intérieur de la fronde et l'extérieur. L'ouverture de ce conduit est surmontée par deux cellules réniformes, qui tournent leurs concavités l'une vers l'autre, tandis que leurs extrémités sont en contact. L'espace laissé libre par les deux concavités qui se regardent ainsi est un *stomate*, et comme il y

a un nombre immense de *stomates*, il s'ensuit qu'il existe de libres communications entre l'atmosphère ambiante et les méats intercellulaires qui se trouvent dans la substance de la feuille. Les cellules du parenchyme vert de la fronde qui, à la partie inférieure de celle-ci, occupe en réalité la moitié de son épaisseur, sont irrégulièrement allongées, et souvent pourvues de plusieurs prolongements ou étoilées. Elles ne sont en contact avec les cellules adjacentes que par une étendue relativement peu considérable de leur surface, ou par l'extrémité de ces prolongements. Ainsi se forment ces détroits entre les cellules, ces méats intercellulaires, qui sont remplis d'air et communiquent les uns avec les autres par des interstices étroits, et s'étendent à travers toute la plante.

Les faisceaux vasculaires se continuent dans les pinnules et suivent dans leur cours les *nervures*, qui sont visibles à leur surface et que les vaisseaux accompagnent dans leurs dernières ramifications.

Les racines présentent à l'extérieur une couche épidermique qui revêt un parenchyme traversé par un faisceau vasculaire central. Leur croissance longitudinale s'opère par les segmentations répétées des cellules qui constituent le point végétatif, mais ce point ne se trouve pas en réalité à la surface de la racine, comme le point végétatif terminal du rhizôme; il est au contraire recouvert par une coiffe formée de cellules.

Les spores germent lorsqu'elles sónt semées sur la terre humide, sur une brique, ou sur une lame de verre, et qu'on entretient autour d'elles la chaleur et l'humidité. Chacune donne naissance à un prolongement tubulaire, semblable à une hypha, qui développe lui-même tout près de la spore un prolongement analogue, la *racine primitive*. En premier lieu, la production en forme d'hyphas subit une segmentation transversale et se transforme ainsi en une série de cellules. Alors, à l'extrémité libre, les cellules se segmentent en long aussi bien qu'en travers et donnent ainsi naissance à une expansion aplatie qui prend peu à peu une forme bilobée, et s'épaissit en certains points par la division de ces cellules suivant un plan perpendiculaire à sa surface. Dans le protoplasma de ces cellules il se développe des grains de chlorophylle qui donnent au disque bilobé une coloration verdâtre, tandis que de nombreuses fibres radiculaires simples se développent à sa surface inférieure et fixent la jeune plante qui a reçu le nom de *prothalle* ou *prothallium* à la surface du milieu sur lequel elle végète.

Le prothalle n'atteint pas le développement de la plante elle-même, et ne donne point directement naissance à une fougère telle que celle qui produit les spores. Au bout d'un certain temps, il s'y forme des

proéminences arrondies ou avoïdes, par l'accroissement et la division des cellules qui se trouvent à sa partie inférieure. Certaines deviennent des *anthéridies*. Le protoplasma de chacune des cellules qu'elles renferment se transforme en anthérozoïdes, analogues à ceux des *Chara*, mais pourvus d'un plus grand nombre de cils. L'anthéridie éclate et les anthérozoïdes, s'échappant des cellules où ils étaient enfermés, marchent au moyen de leurs cils dans l'eau qui mouille la surface inférieure du prothalle.

D'autres proéminences acquièrent une forme qui se rapproche davantage du cylindre et ont reçu le nom d'*archégones*. Toutes les cellules situées dans l'axe du cylindre disparaissent, à l'exception de celle qui se trouve au fond de la cavité ainsi produite. C'est la *cellule embryonnaire*, et dans l'archégone complètement développée, on trouve un canal qui va du sommet de l'archégone à cette cellule. Les anthérozoïdes passent par ce canal pour venir imprégner la cellule embryonnaire.

Alors la cellule embryonnaire commence à se diviser, et donne ainsi naissance par segmentation à quatre cellules. A leur tour, les deux cellules situées au fond de la cavité de l'archégone se subdivisent et finissent par former une masse cellulaire en forme de bouchon qui s'enfonce et se maintient solidement dans la substance du prothalle. Des deux autres cellules qui elles-mêmes subissent la segmentation, l'une donne naissance au rhizôme de la jeune fougère, tandis que l'autre en devient la première racine. Il paraît probable que cette masse en forme de bouchon absorbe les matières nutritives du prothalle et supplée le rhizôme de la jeune fougère jusqu'à ce qu'il puisse lui-même pourvoir à ses besoins. En grandissant, et en produisant ses frondes, le rhizôme atteint une taille bien supérieure à celle du prothalle, qui à la longue perd toute importance fonctionnelle et disparaît.

Nous avons ainsi dans la *Pteris* un cas remarquable de génération alternante. L'organisme volumineux et compliqué communément appelé « Fougère », est le produit de l'inprégnation de la cellule embryonnaire par l'anthérozoïde. Cette « Fougère », une fois à l'état adulte, développe des sporanges; et les cellules contenues dans ces sporanges donnent, par un processus de segmentation tout à fait asexuel, naissance à des spores. Les spores mises en liberté germent; le produit de leur germination est un prothalle très petit et simplement cellulaire; un organisme indépendant qui se nourrit et s'accroît à l'aide de ses propres ressources, et sur lequel on voit enfin se déve-

lopper les organes essentiels de la génération sexuelle — des archégones et des anthéridies.

Chaque cellule embryonnaire ne donne par imprégnation naissance qu'à une seule « Fougère », mais chaque « Fougère » peut produire un nombre immense de prothalles, puisque chacune des nombreuses spores qui se développent dans l'innombrable quantité de sporanges auxquels la fronde donne naissance, peut germer.

MANIPULATION.

A. La fougère; génération asexuée.

a. Caractères extérieurs.

a. La tige souterraine brune ou *rhizôme*, avec une bande brillante (*la ligne latérale*) de chaque côté dans toute sa longueur : ses *nœuds* et *entre-nœuds*.

b. Les *racines* qui naissent du rhizôme.

c. Les feuilles, ou frondes, prenant, de distance en distance, naissance sur le rhizôme, le long des lignes latérales.

α. Les subdivisions multiples de la fronde : son axe principal (*rachis*); ses divisions primaires ou *pinnes;* ses divisions ultimes ou *pinnules*.

β. Les *sores;* petites taches brunes, qui bordent plusieurs pinnules à leur surface inférieure.

d. Les nœuds et entre-nœuds du rhizôme. L'absence, sur ce dernier, de bourgeon terminal.

b. Le rhizôme.

1. Coupez-le en travers et dessinez la section telle qu'elle vous apparaît à l'œil nu.

a. La couche externe, brune (*épiderme* et *sous-épiderme*) ; ce dernier s'amincit quelquefois, vis-à-vis des lignes latérales.

b. La substance d'un blanc jaunâtre (*substance fondamentale ou parenchyme*) qui fomre la majeure partie de l'épaisseur de la section.

c. L'anneau interne, incomplet, de couleur brune (*sclérenchyme*), enfoui dans le parenchyme.

d. Les petites taches de sclérenchyme dont le parenchyme est parsemé en dehors de l'anneau sclérenchymateux principal.

e. Le tissu jaunâtre (*faisceaux vasculaires*), à l'intérieur et à l'extérieur de l'anneau de sclérenchyme.

2. Faites une section longitudinale ou rhizôme; répétez sur la surface de section les exercices indiqués en **b** 1. *a*, *b*, *c*, *d*.

3. faites une coupe fine transversale du rhizôme montez-la dans l'eau et examinez-la à l'aide de l'objectif n° 1.

a. La couche unique de cellules épidermiques fortement épaissies.

b. Les petits, opaques et anguleux contours des cellules sous-épidermiques (*sclérenchyme externe*).

c. Les cellules parenchymateuse grandes, polyédriques, plus transparentes.

d. Les petits, opaques, anguleux contours des cellules du slérenchyme interne.

e. Les grands orifices des conduits et vaisseaux dans les *faisceaux fibro-vasculaires.*

Dessinez cette coupe.

4. Examinez avec l'objectif n° 5 :

a. L'*épiderme :* ses cellules à parois épaisses.

b. Le *parenchyme :* ses grandes cellules à minceparoi ; leur membrane, leur protoplasma et leur noyau ; le grand nombre de grains d'amidon qu'elles contiennent.

c. Les diverses taches de *sclérenchyme*, constituées par des cellules anguleuses à parois épaisses.

d. Les *faisceaux vasculaires.* Notez pour chacun d'eux :

α. Extérieurement, une couche de cellules dépourvues d'amidon (*gaîne des faisceaux*). Elles appartiennent en réalité au parenchyme ou tissu fondamental.

β. En dedans de la gaîne des faisceaux, une couche de petites cellules parenchymateuses qui contiennent de l'amidon (*gaîne interne* ou *gaîne du liber*).

γ. A l'intérieur de cette dernière couche, se présente le *liber* du faisceau (*phloëme*). Il consiste à l'extérieur en deux ou trois couches de petites cellules rectangulaires à parois épaisses (*fibres libériennes*) ; vient ensuite une rangée unique de grandes cellules à parois minces (*vaisseaux libériens*) entre lesquelles se trouvent des cellules plus petites, également à paroi mince, pourvues de grains d'amidon (*parenchyme libérien*).

δ. En dedans du liber, on aperçoit les sections transversales des *vaisseaux:* remarquez leurs parois fortement épaissies, et leur grande cavité centrale qui ne renferme pas de protoplasma.

ε. Semées çà et là, dans les espaces que laissent entre eux les angles des vaisseaux, il y a de petites cellules parenchymateuses (*parenchyme ligneux*), lesquelles renferment des grains d'amidon.

Le *bois* ou *xylème* consiste en ε et en δ.

ζ. Traitez la préparation par l'iode : le protoplasma se colore en brun, les grains d'amidon en bleu très foncé, au point de rendre quelques cellules tout à fait opaques et souvent noires.

5. Faites une coupe mince, longitudinale, de la tige. Examinez-la en vous servant successivement des objectifs 1 et 5, et observez les divers tissus mentionnés dans les § 3 et 4.

a. L'*épiderme*, la couche sous-épidermique et le parenchyme, ressemblent beaucoup à ce qu'on voit sur une section transversale, sauf que les cellules sous-épidermiques paraissent plus allongées.

b. Le *sclérenchyme* paraît composé de cellules très-allongées, effilées à chaque extrémité.

c. Les faisceaux vasculaires; notez dans chacun deux les faits suivants :

α. Les cellules de la *gaîne du faisceau* ressemblent beaucoup à ce qu'on voit sur une section transversale; les fibres du liber sont allongées, avec des parois épaisses; les cellules du parenchyme libérien sont un peu allongées; les vaisseaux libériens présentent des ponctuations ou pores irréguliers (*tubes cribreux*); les cellules de l'étui libérien sont un peu allongées.

β. Les *vaisseaux :* tubes allongés, présentant à de longs intervalles des cloisons transversales qui les divisent en cellules séparées. On verra des vaisseaux de deux sortes, savoir les *vaisseaux scalariformes*, avec les épaississement réguliers de leurs parois, et les *vaisseaux spiraux*, moins nombreux que ces derniers, avec l'épaississement en forme de spirale continue de leurs parois.

γ. Les cellules du *liber :* sept ou huit fois aussi longues que larges, et terminées obliquement à chaque extrémité.

δ. Les cellules allongées plus grandes (4. *d.* δ.) : elles ont des parois très légèrement ponctuées, mais pas d'épaississements scalariformes.

6. [Coupez à l'extrémité en voie d'accroissement d'une tige un morceau d'un demi-pouce de long, et après l'avoir inclus dans la paraffine le sommet en bas, faites une série de coupes transversales; examinez-les au microscope, en commençant par les plus éloignées du point végétatif.

Vous reconnaîtrez d'abord facilement les divers tissus décrits dans les paragraphes 3 et 4; à mesure qu'elles s'approchent davantage du point végétatif, les sections sont moins distinctes, et, tout près de ce point, on trouvera la coupe tout entière composée de cellules parenchymateuses étroitement unies entre elles.

c. **La feuille.** — Après avoir inclus une feuille dans la paraffine, détachez-en des tranches minces verticales. Examinez-les avec l'objectif n° 1. Vous verrez qu'elles sont essentiellement construites sur le même plan qu'une feuille de fève (VIII).



d. Les organes reproducteurs.

1. Examinez un *sore* à un faible grossissement, sans lamelle. Il est composé d'un grand nombre de petits corps ovales, les *sporanges*.

2. Détachez quelques sporanges et montez-les dans l'eau. Examinez avec l'objectif n° 1 :

a. Leur forme : ce sont des corps ovales, biconvexes, portés par un court pédicule.

b. Leur structure : ils sont composés de cellules brunes, dont une rangée a des parois très épaisses et forme un anneau très distinct (*annulus*) autour du sporange.

c. Leur mode de *déhiscence* (voyez-le sur ceux des sporanges qui se trouvent tout ouverts) par une fente qui va d'un point où l'anneau est fendu en travers jusqu'au centre du sporange.

3. Faites éclater quelques sporanges en pressant sur la lamelle ; examinez avec l'objectif n° 5 les spores mises en liberté.

a. Leur taille (mesurez-la).

b. Leur forme : quelque peu triangulaire.

c. [*Leur structure :* une membrane externe épaisse, une membrane interne mince, le protoplasma et le noyau : écrasez quelques spores par pression exercée sur la lamelle.]

B. LE PROTHALLE ; GÉNÉRATION SEXUÉE.

On peut se procurer des prothalles en semant quelques spores sur une lame de verre, et en les maintenant sous l'influence de la chaleur et de l'humidité pendant environ trois mois. Ce sont de petits corps vert foncé, d'apparence foliacée.

a. Le prothalle.

1. Transportez un prothalle sur une lame de verre, et montez-le dans l'eau, la face inférieure en dessus. Examinez avec l'objectif n° 1 :

a. Sa forme; expansion mince, réniforme, d'où naissent, surtout sur le bord concave, un grand nombre de filaments déliés (*radicules*).

b. Sa structure;

α. L'expansion foliacée; elle consiste dans presque toute son étendue en une couche unique de cellules polyédriques renfermant de la chlorophylle, mais, dans une région (coussinet) située un peu en arrière de la dépression où se trouve le point végétatif, elle a une épaisseur de plusieurs cellules.

β. *Les radicules;* composées d'une série de cellules sans chlorophylle.

c. Les *anthéridies* et les *archégones;* avec un objectif n° 1 les premières s'aperçoivent à peine comme de petites proéminences de la surface inférieure de ces régions du prothalle qui n'ont qu'une couche de cellules, spécialement parmi les poils radiculaires; les dernières sont en partie enfoncées dans le coussinet.

b. Les organes reproducteurs.

On les trouve en examinant la surface inférieure du prothalle avec l'objectif n° 5.

1. *Les anthéridies.* Plus nombreuses au milieu des radicules et tout à l'entour.

a. Leur forme; petites éminences hémisphériques.

b. Leur structure; elles sont composées d'une couche externe de cellules renfermant quelques grains de chlorophylle, au travers desquelles on peut voir, suivant la période où elles en sont de leur développement, soit une *cellule centrale* unique, soit un certain nombre de cellules plus petites (*cellules-mères des anthérozoïdes*) qui proviennent de sa division : dans ces dernières cellules, on voit d'une façon peu distincte, sur des anthéridies mûres, des corpuscules en forme de tire-bouchon (*anthérozoïdes*).

2. *Les anthérozoïdes.* On en trouvera sûrement quelques-uns nageant çà et là dans l'eau si on examine un certain nombre de prothalles arrivés à maturité.

a. Petits corps en forme de tire-bouchons, ayant une extrémité renflée, l'autre effilée avec un grand nombre de cils. A la grosse extrémité de l'anthérozoïde, on trouve souvent attachée une masse arrondie qui contient des granulations incolores.

b. Traitez par l'iode; ils se colorent et arrêtent leurs mouvements, ce qui rend leur forme plus distincte.

3. *Les archégones.* Faites des coupes verticales du prothalle passant à travers le coussinet, soit en y donnant simplement des coups de rasoir, soit en le maintenant avant de pratiquer les coupes, entre deux morceaux de carotte. Notez, dans les archégones :

a. Leur forme; éminences en forme de tuyau de cheminée, avec une petite ouverture au sommet.

b. Leur structure. Chaque archégone est composée d'une couche de cellules transparentes dépourvues de chlorophylle, disposées sur quatre rangs et entourant une cavité centrale qui pénètre dans le coussinet formé par la partie épaissie du prothalle (**a**, 1. *b* α). Dans



cette cavité se trouve, chez les jeunes archégones, une grande cellule basilaire, nucléée, granuleuse, avec deux ou trois petites cellules granuleuses (*cellules du col*), situées au-dessus d'elle dans la partie supérieure étroite de la cavité; dans les archégones plus âgées, cette partie supérieure est vide, et forme un canal qui conduit à la cellule basilaire.

4. Examinez la jeune fougère dans ses rapports avec le prothalle.

VIII. — La fève.

Vicia Faba.

Dans cette plante, que nous prenons ici comme exemple d'une plante à fleurs (*phanérogame*), on peut distinguer les mêmes parties que dans la fougère; mais l'axe est droit et consiste en une *racine* enfouie dans la terre et une *tige* qui s'élève dans l'air. Les appendices de cette tige, ou *feuilles*, naissent successivement de chaque côté des nœuds, et les entre-nœuds deviennent de plus en plus courts vers le sommet de la tige qui finit par un *bourgeon terminal.* Des bourgeons se développent aussi à l'aisselle des feuilles, et quelques-uns d'entre eux croissent au point de devenir des branches qui répètent les caractères de la tige; tandis que d'autres, lorsque la plante atteint tout son développement, deviennent des pédoncules qui supportent des *fleurs*. Chaque fleur consiste en un *calice*, une *corolle*, un *tube staminal* et un *pistil* central. Ce dernier est terminé par un *style* dont l'extrémité libre est le *stigmate*.

Le tube staminal se termine par dix filaments, dont quatre plus courts que les autres. Ces filaments portent des corps ovales, les *anthères*, qui, à maturité, donnent issue à une fine poussière, constituée par de petits grains de *pollen*. Le pistil est creux, et de petits corps, les *ovules*, sont attachés par de courts pédicules tout le long de son côté ventral; autrement dit, ils sont disposés en série longitudinale et tournés vers l'axe. Chaque ovule consiste en un *nucelle* central conique entouré de deux membranes, une extérieure et une intérieure. Vis-à-vis du sommet du nucelle, ces membranes sont perforées d'un canal, le *micropyle*, qui conduit à la partie inférieure du nucelle. Le nucelle contient une cavité, le *sac embryonnaire*, dans lequel se développent certaines cellules, dont une est la *cellule embryonnaire* et les autres les cellules de l'*endosperme*.

Un grain de pollen déposé sur le stigmate émet un prolongement en forme d'hypha, le *tube pollinique*, qui s'allonge, passe à travers

le style, et enfin atteint le micropyle de l'ovule. L'extrémité du tube pollinique pénètre dans la nucelle à travers le micropyle et vient en contact intime avec le sac embryonnaire. Telle est la marche de l'imprégnation, dont le résultat est que la cellule embryonnaire se divise et donne naissance à un embryon cellulaire. Celui-ci devient une petite plante consistant en une *radicule* ou racine primitive, en deux feuilles primitives relativement grandes, les *cotylédons ;* et en une courte tige, la *plumule*, sur laquelle apparaissent bientôt des feuilles rudimentaires. Les cotylédons grandissent encore beaucoup relativement au reste de la plante, et les cellules dont ils sont formés s'emplissent d'amidon et d'autes matières nutritives. Le nucelle et les membranes de l'ovule s'accroissent de façon à s'adapter à la croissance de l'embryon, mais en même temps se recouvrent d'une enveloppe qui constitue le tégument de la graine. Le pistil grandit et devient le fruit, lequel, une fois complètement développé, se dessèche, se fend avec facilité dans toute sa longueur, ou bien se pourrit et met les graines en liberté. Chaque graine germe si elle se trouve dans des conditions convenables de température et d'humidité. Les cotylédons de l'embryon qu'elle contient se gonflent, font éclater le tégument de la graine, verdissent et apparaissent comme des *feuilles charnues de la graine*. Les matériaux nutritifs qu'ils contiennent sont absorbés par la plumule et la radicule. Cette dernière descend dans la terre et devient la racine, tandis que la plumule s'élève et devient la tige de la jeune plante. Le sommet de la tige garde pendant toute sa vie le caractère simplement cellulaire, qui caractérise d'abord l'embryon tout entier, et l'accroissement en longueur de la tige, en tant qu'il dépend de l'adjonction de nouvelles cellules, s'opère surtout, sinon entièrement, dans cette région.

Le sommet de la racine, d'autre part, donne naissance à une coiffe de la racine, comme dans la fougère.

Les feuilles cessent de croître par multiplication des cellules de leur sommet; une fois qu'elles sont formées, de nouvelles cellules naissent à leur base.

Les tissus dont se compose le corps de la fève sont semblables, dans leurs caractères généraux, à ceux de la fougère; mais le mode d'arrangement de ces tissus est différent chez les deux plantes. La surface de la fève est revêtue d'une couche de cellules épidermiques, en dedans de laquelle des cellules rondes ou polyédriques forment la substance fondamentale ou parenchyme de la plante. Ce parenchyme s'étend jusqu'au centre dans les parties jeunes de la tige et dans la racine, tandis que, dans les parties âgées de la tige, le centre

est occupé par une cavité plus ou moins considérable, remplie d'air. Cette cavité provient de ce que le parenchyme central, une fois sa croissance achevée, se déchire par suite de l'agrandissement des parties périphériques de la tige. Plus près de la circonférence que du centre, se trouve un anneau de tissu ligneux et vasculaire, lequel, sur une section transversale, paraît divisé en faisceaux ayant la forme de coins, au moyen de bandes étroites de tissu parenchymateux. Ces bandes relient le parenchyme situé en dedans de l'anneau ligneux et vasculaire (moelle) à celui qui se trouve en dehors de cet anneau. En outre, chaque faisceau de tissu ligneux et vasculaire est divisé en deux parties, une interne et l'autre externe, par une couche très étroite de petites cellules à parois très minces, qui s'appelle la couche de *cambium*. Ce qui se trouve en dehors de cette couche appartient à l'*écorce* [1] et à l'*épiderme*, ce qui se trouve en dedans, au *bois* et à la *moelle*.

La grande différence morphologique entre l'axe de la fève et l'axe de la fougère consiste dans la présence de la couche cambiale. En réalité, les cellules qui la composent conservent la propriété de se multiplier et se divisent par des cloisons parallèles aussi bien que transversales à l'axe longitudinal de la tige et de la racine. Ainsi, du côté interne de cette couche de cambium, de nouvelles cellules s'ajoutent sans cesse au bois et contribuent de même de l'autre côté à accroître l'épaisseur de l'écorce. Aussi longtemps que ce phénomène se produit, la partie axile de la plante augmente de diamètre. Les plantes dans lesquelles se produit cette continuelle addition d'éléments à la face externe du bois et à la face interne de l'écorce, sont dites *exogènes*.

Au sommet de la tige, comme au sommet de la racine, la couche cambiale se continue avec les cellules, qui, en ces régions, demeurent susceptibles de division. Comme l'endroit de la plante où son diamètre transversal est le plus considérable se trouve à la jonction de la tige et de la racine, et que ce diamètre va en diminuant à partir de ce point à mesure qu'on s'approche des deux extrémités de l'axe ou sommets de ces deux organes, on peut dire que la couche cambiale a la forme d'un double cône. Et c'est là un trait caractéristique des plantes exogènes, d'avoir cette couche en forme de double cône, constituée par des cellules qui se divisent constamment, dont l'extrémité supérieure est libre au point végétatif du bourgeon ter-

1. Malgré l'emploi fait ici de ce terme d'*écorce*, il est nécessaire de se rappeler qu'il ne désigne ni une région, ni une forme de tissu anatomiquement définis; le liber, le cambium et le bois font tous trois partie d'un même tout qui est le faisceau.



minal de la tige, tandis que son extrémité inférieure est recouverte par la *pilorhize* à la terminaison ultime de la racine principale.

Les éléments les plus caractéristiques du bois sont les vaisseaux ponctués et les vaisseaux spiraux. Ces derniers sont particulièrement abondants aux environs de la moelle. L'écorce contient les fibres allongées qui forment le *liber;* mais on ne trouve pas ici de vaisseaux scalariformes comme dans la fougère.

Il n'y a pas de stomates sur l'épiderme de la racine; on en trouve çà et là, sur l'épiderme de toutes les parties vertes de la tige et de ses apdendices; mais, de même que sur la Fougère, c'est à l'épiderme de la face inférieure des feuilles qu'ils sont le plus nombreux. Comme dans la Fougère, ils communiquent avec les méats intercellulaires, qui sont très larges dans les feuilles, et qui communiquent avec d'autres lacunes à travers toute la plante.

La différence entre une plante pourvue de fleurs, telle que la Fève, et une plante sans fleurs, telle que la Fougère, paraît très grande à première vue; mais on est arrivé à prouver que ces deux cas sont les termes extrêmes d'une série de modifications. L'anthère, par exemple, est strictement comparable à un sporange. Les grains de pollen répondent aux spores mâles de ces plantes sans fleurs, où les spores ont des sexes distincts, de telles spores donnant naissance à des prothalles qui ne produisent que des anthéridies, et d'autres à des prothalles qui ne développent que des archégones; tandis qu'il est des végétaux qui, tels que les *Pteris,* produisent, sur un même prothalle, des organes des deux sexes. Ainsi le tube pollinique correspond au premier *prolongement en forme d'hypha* de la spore. Toutefois dans les plantes phanérogames, le protoplasma du tube pollinique ne se segmente pas et ne se convertit pas en un prothalle, sur lequel naîtraient des anthéridies, lesquelles à leur tour produiraient et émettraient des corpuscules fécondants mobiles ou Anthérozoïdes; il exerce son influence fécondante sans subir au préalable une semblable différentiation. Des termes moyens entre ces deux extrêmes nous sont fournis, d'une part par les conifères (chez ces plantes, le protoplasma du tube pollinique se divise en cellules, desquelles il ne naît pourtant pas d'anthérozoïdes), et d'autre part par certaines lycopodiacées chez lesquelles le protoplasma des spores mâles (grains de pollen) se divise en cellules qui ne forment pas de prothalle, mais donnent directement naissance à des anthérozoïdes.

D'autre part, le sac embryonnaire est équivalent à une spore femelle; les cellulesendospermiques, produites aux dépens d'une partie de son protoplasma, répondent aux cellules du prothalle,



tandis que la *cellule embryonnaire* des plantes phanérogames correspond à la *cellule* embryonnaire contenue dans l'archégone du prothalle. Toutefois, dans le développement de la spore femelle des phanérogames, le prothalle libre et l'archégone sont supprimés. Ici encore, des états intermédiaires nous sont présentés par les conifères et les lycopodiacées. Dans les conifères, le protoplasma du sac embryonnaire donne naissance à un endos perme solide semblable à un prothalle, dans lequel se forment des corps ou *corpuscules*, analogues aux archégones, et dans lesquels naissent les cellules embryonnaires. Dans certaines lycopodiacées, il y a des spores femelles distinctes des spores mâles, et le prothalle qui se forme à leurs dépens n'abandonne pas la cavité de la spore, mais y reste comme un endosperme.

Les phénomènes physiologiques qui se passent dans les plantes vertes supérieures, telles que la fougère et la fève, sont les mêmes en somme que dans le Protococcus et la Chara. Ces plantes croissent et fleurissent si leurs racines sont immergées dans l'eau contenant certaines matières salines en proportions convenables, tandis que leurs tiges et leurs feuilles sont exposées à l'air et subissent l'influence des rayons solaires.

La Fève, par exemple, peut très bien se développer, si ses racines sont plongées dans une solution aqueuse diluée de nitrates de calcium et de potassium, de sulfates de potassium et de fer, et de sulfate de magnésium. En croissant, elle absorbe la solution, dont l'eau s'évapore en majeure partie par la grande surface exhalante de la plante. Sous l'action de la lumière solaire, elle décompose rapidement l'acide carbonique, fixe le carbone et met en liberté l'oxygène; la nuit, elle absorbe une petite quantité d'oxygène, et donne de l'acide carbonique. Elle fabrique une grande quantité de composés protéiques, de la cellulose, de l'amidon, du sucre et des matières analogues, à l'aide des matériaux bruts qui lui sont fournis.

Il est par conséquent très clair, puisque la décomposition de l'acide carbonique ne se fait que sous les influences combinées de la chlorophylle et de la lumière solaire, que cette opération doit être confinée dans toutes les plantes ordinaires, aux tissus situés immédiatement au-dessous de l'épiderme, dans la tige et aux feuilles. On peut prouver expérimentalement que les feuilles vertes fraîches possèdent cette propriété à un degré remarquable.

D'un autre côté, il est clair que, si la plante s'accroît dans les conditions indiquées, les matériaux nutritifs azotés et minéraux ne peuvent arriver aux feuilles, qu'en passant des racines, où ils sont

absorbés, à travers toute la tige, pour arriver jusqu'aux feuilles. Et quelles que soient les régions de la plante où les substances azotées ou minérales arrivant des racines se combinent avec le carbone fixé par les feuilles, le composé qui en résulte doit se diffuser de ces régions jusqu'aux cellules profondément situées, telles que les cellules de la couche cambiale et des racines, qui doivent aussi s'accroître et se multiplier, quoique n'ayant pas la propriété d'extraire le carbone de l'acide carbonique. En fait, ces cellules qui ne contiennent pas de chlorophylle et ne subissent pas l'influence de la lumière, doivent vivre à la façon des *Torulas*, et fabriquer leur protéine à l'aide de matériaux qui contiennent de l'azote et de l'hydrogène, avec de l'oxygène et du carbone, sous une autre forme que celle d'acide carbonique. Cette analogie avec la Torula nous donne l'idée d'un liquide contenant en solution, soit quelques sels ammoniacaux comparables au tartrate d'ammoniaque, soit un composé analogue à la pepsine. Ainsi les plantes supérieures combinent en elles-mêmes les deux types physiologiquement distincts des Champignons et des Algues.

Il paraît par conséquent certain que la circulation des liquides doit s'opérer de cette façon dans le corps de la plante, mais les détails de la marche du phénomène ne sont pas aussi clairs. Il devient évident que l'ascension de ces liquides de la racine aux feuilles se fait, en grande partie, par les longs vaisseaux du bois, qui s'ouvrent fréquemment l'un dans l'autre par leurs extrémités en contact, et, de cette façon, forment des tubes capillaires très étroits d'une longueur considérable.

Le mécanisme au moyen duquel cette ascension s'effectue est de deux sortes : un appel d'en haut et une pression d'en bas. L'appel d'en haut est l'évaporation qui s'effectue à la surface de la plante, et spécialement dans les lacunes des feuilles, où les cellules à minces parois du parenchyme sont entourées presque de toute part par de l'air qui communique directement avec l'atmosphère au moyen des stomates. La poussée d'en bas est l'action absorbante qui s'effectue à l'extrémité des radicules et qui, dans la vigne, par exemple, au printemps, avant que les feuilles n'aient poussé, fait monter rapidement le liquide (*sève*), absorbé dans le sol. Une certaine quantité du liquide ainsi aspiré des racines vers la surface de la plante, exsude, sans aucun doute, par les parois latérales des vaisseaux (l'exsudation est spécialement favorisée par les amincissements ou ponctuations dont sont pourvues les parois de ces éléments), et, passant de cellule en cellule, arrive enfin à celles qui contiennent de la chlorophylle. La

distribution du composé, quel qu'il soit, contenant de l'azote et du carbone, s'effectue probablement par une diffusion légère de cellule en cellule.

L'arrivée de l'air, chargé d'acide carbonique, aux feuilles et à l'écorce, s'effectue par les grands et nombreux passages aérifères qui existent entre les cellules de ces régions. Cependant on ne peut mettre en doute que tout le protoplasma vivant de la plante ne subisse une légère oxydation, avec production d'acide carbonique, et que ce phénomène ne s'opère dans les cellules situées profondément. L'accès de l'oxygène nécessaire à cet effet est suffisamment favorisé, d'une part par les petites lacunes aérifères que l'on trouve entre les cellules dans tous les tissus parenchymateux, et d'autre part, par les vaisseaux spiraux des faisceaux ligneux, qui, dans les conditions normales, paraissent toujours contenir de l'air. Le remplacement de l'oxygène de l'air ainsi absorbé et l'éloignement de l'acide carbonique formé, seront suffisamment assurés par la diffusion gazeuse.

De ce que nous venons de dire, il résulte que, dans une plante ordinaire, croissant dans la terre humide et exposée à la lumière solaire, un courant liquide s'élève de la racine jusqu'à la surface en contact avec l'air. Là, l'eau qui entre dans la composition de ce liquide s'évapore en majeure partie; tandis que la diffusion gazeuse s'effectue en sens contraire en allant de la surface exposée à l'air, à travers les lacunes aérifères et les vaisseaux spiraux, qui conduisent des stomates aux radicelles. Dans cet échange, la balance penche en faveur de l'oxygène dans les régions de la plante qui contiennent de l'oxygène et sont exposées à la lumière solaire, et en faveur de l'acide carbonique dans les régions profondes et incolores de la plante. La nuit, comme l'évaporation diminue par suite de l'abaissement de la température, l'ascension du liquide s'effectue très lentement ou s'arrête, et la balance des échanges qui s'opèrent dans les lacunes aérifères est tout à fait à l'avantage de l'acide carbonique; et même les parties de la plante qui contiennent de la chlorophylle s'oxydent, tout en ne décomposant pas l'acide carbonique.

MANIPULATION.

a. Caractères généraux.

a. L'axe principal (*racine* et *tige*), central, droit.

b. Les *branches :* les unes répètent simplement l'axe principal, les autres sont modifiées et portent des fleurs.

c. *Les nœuds* et *entre-nœuds*.
d. Les *appendices*.
α. Radicules.
β. Feuilles proprement dites.
γ. Feuilles florales.

b. La racine.

a. Sa portion principale, centrale (*axe*).
b. Les *radicules* irrégulièrement disposées qui en partent.
c. L'absence de chlorophylle dans la racine.
d. La *coiffe de la racine,* couvrant chaque extrémité radiculaire; dans la fève, il est difficile d'extraire du sol une racine intacte, mais on arrive à voir facilement la coiffe, si on examine les racines d'une *Lemna*, avec un objectif n° 1. Dans cette dernière plante, elle consiste en plusieurs couches de cellules qui forment un capuchon à l'extrémité de la racine, et se terminent brusquement de façon à former en cet endroit un bourrelet proéminent.

c. La tige.

1. Droite, verte, quadrangulaire, avec une crête à chaque angle; herbacée; les entre-nœuds vont en diminuant de longueur à mesure qu'on se rapproche du sommet.

2. Faites une section mince transversale de la tige intéressant un entre-nœud, notez sa cavité centrale et l'anneau blanchâtre de faisceaux fibrovasculaires, plus dur à couper que le reste : montez la coupe dans l'eau et examinez avec un objectif n° 1; notez :
a. La *cavité médullaire* au centre de la section.
b. Les *cellules médullaires* autour de la cavité centrale; grandes et plus ou moins arrondies (parenchyme); les parois en sont parfois pourvues de ponctuations dont la minceur varie avec les endroits.
c. L'*épiderme;* composé d'une couche uniquede cellules presque carrées qui ne contiennent pas de chlorophylle.
d. Au-dessus de l'épiderme, plusieurs couches de grandes cellules rondes contenant de la chlorophylle (*parenchyme cortical*).
e. Les *rayons médullaires :* rangées rayonnantes de cellules parenchymateuses qui unissent *b* et *d :* ils ne sont pas entièrement continus, mais interrompus par la zone cambiale.
f. Les *faisceaux fibro-vasculaires*, situés entre les rayons médullaires; notez, en commençant par le côté le plus voisin de la moelle :
α. Les grandes ouvertures produites par la section transversale des trachées et des vaisseaux.

β. Les petites cellules ligneuses à paroi épaisse, serrées entre les vaisseaux. Ces deux sortes d'éléments (α et β) forment le bois ou xylème du faisceau.

γ. La *zone cambiale :* d'apparence granuleuse et composée de petites cellules anguleuses à parois minces.

δ. Le *liber* ou *phloëme*. Il présente intérieurement des cellules à minces parois de diverses grandeurs (*parenchyme libérien*) et les vaisseaux libériens ou vaisseaux criblés; plus extérieurement, il apparaît, sur une section transversale, composé de cellules arrondies avec des parois épaisses : ce sont les fibres libériennes. Dessinez la coupe.

3. Faites une coupe transversale intéressant un nœud et comparez-la avec la coupe d'un entre-nœud.

4. Faites une coupe longitudinale mince à travers une portion d'entre-nœud (il est nécessaire d'inclure tout d'abord le morceau de tige dans la paraffine), et montez-le dans l'eau; puis, en allant de la cavité médullaire vers l'extérieur, notez les couches suivantes, en vous servant d'abord d'un faible grossissement :

a. Les cellules de la moelle : presque même apparence que sur une section transversale.

b. Les faisceaux fibro-vasculaires présentant :

α. Les *trachées :* tubes allongés avec un épaississement spiral de leurs parois.

β. Les *fibres ligneuses :* allongées, avec des parois très épaisses.

γ. Les vaisseaux ponctués; ils ressemblent beaucoup aux trachées, mais l'épaississement de leurs parois n'a pas la forme d'une spirale.

δ. La *zone cambiale :* constituée par des cellules d'apparence confuse, petites, anguleuses, à parois minces.

ε. Le *parenchyme libérien :* cellules allongées à parois minces.

ζ. Les *vaisseaux libériens :* grandes cellules allongées avec cloisons obliques, perforées (*tubes criblés*).

η. Les *fibres libériennes*, fusiformes et à parois épaisses.

c. Cellules d'apparence plus parenchymateuse.

d. *Epiderme :* paraît composé de cellules cubiques incolores; çà et là on peut apercevoir l'ouverture d'un stomate (**d**, **2**, *d*, β).

Dessinez la coupe.

5. Comparez les sections transversale et longitudinale, en observant les parties correspondantes dans chacune.

6. A l'aide d'un fort grossissement, examinez avec soin chacun des tissus mentionnés ci-dessus.

7. Colorez par l'iode : notez les *parois cellulaires;* le *protoplasma*, sa présence ou son absence, sa quantité relative dans les divers tissus; les noyaux des cellules; les grains d'amidon contenus dans quelques-unes d'entre elles, et qui se colorent en bleu par l'iode.

d. Les feuilles.

1. *Leur forme et leur constitution.*

a. Chaque feuille consiste en un certain nombre de parties distinctes, savoir :

α. Le *pétiole.*

β. Les *folioles*, attachés latéralement à la feuille au nombre de quatre à six.

γ. Les deux petites expansions foliacées (*stipules*) à la base du pétiole.

δ. La vrille rudimentaire qui termine le pétiole.

2. *La structure histologique d'un foliole.*

a. Enfermez un foliole dans la paraffine, ou bien maintenez-le entre deux morceaux de carotte ou de navet. Pratiquez-y des coupes minces perpendiculaires à sa surface. Laissez la coupe dans l'eau quelques instants pour chasser l'air de ses méats intercellulaires, puis montez-la dans l'eau et examinez-la avec l'objectif n° 1.

b. Commencez l'examen par la face supérieure; on la reconnaît à l'union plus étroite de ses cellules. En allant vers la face inférieure, vous remarquerez :

α. La couche épidermique incolore, consistant en une simple rangée de cellules, avec des ouver tures çà et là (*stomates*).

β. Au-dessous de l'épiderme de la face supérieure, viennent des cellules allongées perpen diculairement à cette face et qui contiennent de la chlorophylle.

γ. Viennent alors des cellules irrégulièrement ramifiées (étoilées) qui forment la moitié inférieure de la substance de la feuille et qui contiennentaussi de la chlorophylle.

δ. La couche épidermique de la face inférieure ressemble à α.

ε. Les espaces intercellulaires, dans toute l'épaisseur de la feuille: la communication directe de quelques-uns d'entre eux avec les stomates.

ζ. Çà et là des sections de *nervures*. Vous y remarquez les mêmes éléments qu'en c. 2. *f*.

Dessinez.

c. Traitez par l'iode : observez la membrane, le protoplasma (utricule primordial), le noyau et la vacuole des cellules; les grains d'amidon.

d. Pelez sur une feuille un lambeau d'épiderme et observez-le à un faible grossissement; notez :

α. Les grandes cellules étroitement unies, avec des bords irrégulièrement ondulés, qui ne contiennent pas de chlorophylle. Elles constituent principalement l'épiderme.

β. Les ouvertures (*stomates*) présentes çà et là; les deux cellules recourbées, contenant de la chlorophylle, qui bordent chaque stomate.

e. Cassez avec précaution en deux une nervure médiane; remarquez les filaments délicats qui relient les deux morceaux; coupez-les avec une paire de ciseaux, montez la préparation dans l'eau et examinez-la avec l'objectif n° 2 ou n° 5. On trouvera qu'ils consistent en trachées partiellement déroulées.

e. La fleur.

1. La structure générale.

a. Portée sur un court *pédoncule*.

b. Composée de quatre rangées ou *verticilles* d'organes.

α. A l'extérieur, le *calice* vert, semblable à une coupe.

β. A l'extérieur du calice la *corolle*, c'est la partie la plus visible de la fleur.

γ. En dedans de la corolle, les *étamines*.

δ. En dedans des étamines, le *pistil*.

2. Le *calice*.

Coupe terminée à son bord libre par cinq pointes proéminentes, deux dorsales et trois ventrales. Les cinq petites nervures médianes qui le parcourent en se dirigeant chacune vers une de ces pointes sont l'indice des extrémités libres de cinq sépales, qui plus bas sont réunis.

3. La *corolle*.

a. Composée de cinq pièces ou *pétales*.

α. Du côté dorsal une seule grande pièce (*étendard*) étalée à son extrémité libre et pliée dans le reste de son étendue.

β. Des deux côtés, deux pièces ovales (les ailes attachées chacune par un *onglet* distinct, étroit).

γ. La partie inférieure de la corolle (*carène*), composée de deux pièces ovales unies suivant leur bord inférieur, mais qui se séparent facilement.

4. Les *étamines*.

a. Au nombre de *dix*, chacune d'elles consiste en une partie semblable à un pédicule, le *filet*, terminée par un petit renflement, l'*anthère*.

b. Les filets s'unissent dans les trois quarts de leur longueur pour former le tube staminal. Les filets sont légèrement courbés dans leur partie supérieure, au point où ils se séparent.

c. Écrasez une anthère sous l'eau et examinez avec l'objectif n° 5. Vous trouverez de nombreux :

α. *Grains de pollen*, petits corps ovales; on les voit en coupe optique sur un plan passant par leur équateur.

d. L'anthère d'une fève set si petite qu'on ne peut sans difficulté considérable y pratiquer des coupes; on peut toutefois se rendre compte de la structure d'une anthère de la façon suivante : l'anthère d'un *lis tigré* est incluse dans la paraffine ou maintenue entre deux morceaux de carotte. On en fait des coupes transversales qui sont montées dans l'eau et examinées avec un objectif n° 1.

α. Elle contient quatre chambres, deux de chaque côté du prolongement du filet, et dans chaque chambre on trouve de nombreux grains de pollen.

5 Le *pistil*.

a. On le découvre en ouvrant le tube staminal : c'est un long corps vert, effilé, légèrement aplati sur le côté et se terminant en un point qui porte une touffe de poils épais.

b. Ouvrez-le avec précaution, vous y verrez une cavité centrale, contenant un grand nombre de petits corps ovales, les *ovules*, qui s'insèrent tout le long de sa face ventrale par de courts pédicules.

c. Il est difficile de faire des coupes à travers un ovule de fève, mais on peut facilement se rendre compte de sa structure en pratiquant des coupes minces à travers l'ovaire d'un grand lis, dont les ovules sont enfouis dans une grande quantité de parenchyme, et en les examinant avec l'objectif n° 1.

α. La portion cellulaire centrale de l'ovule (*nucelle*), formée d'un grand nombre de cellules.

β. Ses deux membranes, une interne (*primine*, et une externe (*secondine*).

γ. Le petit pertuis (*micropyle*), qui s'étend à travers les deux membranes jusqu'au nucelle.

δ. Dans quelques échantillons, on voit dans le nucelle, vis-à-vis du micropyle, une grande cavité (le sac embryonnaire). Dans le sac embryonnaire, on peut apercevoir quelques cellules granuleuses (la *cellule embryonnaire* et les *cellules endospermiques*).

f. Les graines.

1. Faites tremper des fèves sèches dans l'eau pendant vingt-quatre heures, elles se gonflent légèrement et sont plus faciles à examiner que sèches.

a. Notez la tache noire située à un bout de la fève, elle marque l'endroit ou s'insère le *funicule* qui l'attache à la gousse.

b. Après avoir essuyé la fève, pressez-la avec précaution en observant la partie de la tache noire voisine de l'extrémité la plus large du fruit. Vous apercevrez sur la tache une petite goutte de liquide qui a été exprimée à travers une petite ouverture, le *micropyle*.

c. Pelez avec soin la membrane extérieure de la graine, vous verrez les deux grands cotylédons charnus.

d. Vous verrez le reste de l'embryon qui réunitles deux cotylédons : il consiste en une partie conique (la *radicule*), placée en dehors des cotylédons, avec son sommet dirigé vers le point où s'ouvre le micropyle, et en les rudiments de la tige et des feuilles (*plumule*) situés entre les cotylédons.

g. Marche de la fécondation.

Elle est difficile à suivre chez la fève, mais en se servant de diverses plantes pour l'observation des divers stades, on peut très bien en observer les phénomènes les plus importants.

1. Une plante commode pour voir la pénétra tion du tube pollinique dans le stigmate et le style est l'*Ænothera biennis*.

Détachez le style de la fleur et maintenez entre le pouce et l'index de la main gauche son stigmate en forme de massue. Mouillez-le avec une goutte d'eau et alors pratiquez sur lui une série de coupes au moyen d'un rasoir bien affilé. Vous diviserez ainsi le stigmate en plusieurs tranches. Portez-les dans l'eau, sur une lame de verre, au moyen d'une aiguille, et examinez les plus fines, après avoir recouvert la préparation d'une lamelle.

On voit les grains triangulaires du pollen émettre à un de leurs angles le tube pollinique qui pénètre dans le tissu du stigmate, et qui est facilement reconnaissable à sa coloration tranchant légèrement sur le reste.

2. L'entrée du tube pollinique dans le micropyle peut facilement s'observer dans quelques espèces de Véronique. La *Veronica Serpyllifolia,* que l'on trouve communément dans les clairières des bois, est bien adaptée à ce but. On prend une fleur dont la corolle vient à peine de tomber. On en sépare son petit ovaire, et, sous la loupe montée, on ouvre une de ses deux loges dans une goutte d'eau. On enlève la masse des ovules et on la dissocie avec précaution. Puis on la recouvre d'une lamelle et on examine avec un objectif faible jusqu'à ce qu'on trouve un ovule qui montre l'entrée du tube pollinique. L'addition de glycérine diluée rend l'ovule plus transparent, en sorte qu'au bout d'un certain temps on peut apercevoir le sac embryonnaire et suivre les progrès du tube pollinique dans l'ovule.

3. Le jeune fruit de la Campanule (surtout de la *Campanula media*) convient pour l'examen du sac embryonnaire. Il n'y a qu'à débiter le fruit en tranches minces et à les observer dans l'eau. Quelques coupes intéressent les ovules et permettent d'apercevoir le sac embryonnaire, et même, dans les coupes bien réussies, la vésicule embryonnaire et l'extrémité du tube pollinique en contact avec le sac embryonnaire.

IX. — La vorticelle.

La grande majorité des organismes animaux plus complexes que l'*amibe* commencent leur existence comme simples cellules nucléées, en général semblables aux *amibes;* et la cellule nucléée unique, qui constitue l'animal tout entier dans sa condition primordiale, se divise et se subdivise jusqu'à ce qu'il se forme un agrégat de cellules analogues. C'est par différenciation et métamor phose de ces éléments histologiques d'abord sem blables entre eux que se forment les organes et les tissus du corps. Dans le seul groupe des *Infusoires*, la masse protoplasmique qui constitue le germe ne subit pas cette segmentation préalable; mais la structure de l'animal adulte est le résultat d'une métamorphose directe des parties différentiées de sa substance protoplasmique. Ainsi, morphologiquement, le corps de

ces animaux est l'équivalent d'une cellule unique, tandis qu'au point de vue physiologique, il peut atteindre une grande complexité.

Les Infusoires abondent dans les eaux douces et salées et apparaissent dans la plupart des infusions animales ou végétales, que leurs germes soient contenus dans les substances infusées ou déposés par l'air. Leur dispersion est facilitée à un haut degré par la propriété que plusieurs d'entre eux possèdent de pouvoir se dessécher, et se ré- duire ainsi à l'état de poussière très légère sans que leur vitalité soit détruite; tandis que leur propagation rapide est due surtout à ce qu'ils se multiplient par division avec une rapidité extraordinaire dès que l'humidité ainsi que des aliments leur sont rendus. Ils sont pour la plupart libres et pourvus de longs cils qui, par leurs mouvements incessants et actifs, les font progresser dans le milieu où ils vivent; cependant il en est qui se fixent aux pierres, aux plantes, ou même sur le corps d'autres animaux. Quelques-uns sont parasites, et la vessie ainsi que les intestins de la grenouille sont infestés d'habitude de la présence de plusieurs grandes espèces.

Les *Vorticelles* sont des infusoires fixés d'ordinaire sur les plantes aquatiques au moyen d'un long pédicule, et assez souvent attachés aux membres des crustacés aquatiques. Leur corps a la forme d'un verre à boire au pied étroit et long, pourvu d'un couvercle aplati en forme de disque. La partie correspondante aux bords du verre est épaissie, en quelque sorte retournée comme un rebord, et richement pourvue de cils. De même les bords du disque sont épaissis et ciliés. Entre le bord épaissi du couvercle, ou *péristome*, et le bord du disque, se trouve un sillon qui sur un point devient plus profond et se transforme en une large dépression, le *vestibule*. De là part un tube étroit, l'*œsophage*, qui va jusqu'à la substance centrale du corps et là se termine brusquement; lorsque les matières fécales sont expulsées, elles effectuent leur sortie par une ouverture qui se forme temporairement dans le plancher du vestibule. La couche extérieure du corps, plus dense et plus transparente que le reste, forme la *cuticule*. Immédiatement au-dessus de la cuticule, le protoplasma est assez ferme et légèrement granuleux : c'est la *couche corticale;* elle se confond insensiblement avec la substance centrale qui est encore plus molle et plus fluide.

Quand la Vorticelle est tranquille, sa tige est tout à fait droite; le péristome est relevé et les bords du disque ne sont pas en contact avec le péristome; alors le vestibule est largement ouvert et les cils agissent vigoureusement; mais le moindre choc force le disque à se rétracter; alors le bord du péristome s'abaisse et se ferme, et le

corps se ramasse sous la forme d'une boule. En même temps, la tige s'enroule en spirale et le corps est ainsi ramené jusqu'au point d'insertion de la tige. Si la cause de trouble continue à agir sur l'animal, l'état de rétraction persiste; mais, si elle disparaît, la tige se déroule un peu, le péristome se rouvre, et les cils reprennent leur activité.

A l'intérieur du corps, immédiatement au-dessous du disque, on voit apparaître à intervalles réguliers un espace coupé par un liquide clair, aqueux; cet espace s'agrandit peu à peu jusqu'à ce qu'il soit parvenu à son entier développement; alors ses parois se rapprochent et tout à coup il disparaît avec la plus grande rapidité. C'est la *vacuole contractile.* Communique-t-elle ou non avec l'extérieur? Quelle fonction remplit-elle? Autant de questions non résolues encore. Si la Vorticelle est bien nourrie, on voit dans la substance centrale molle du corps une ou plusieurs vacuoles aqueuses de forme sphéroïdale, contenant chacune une certaine quantité des aliments ingérés. En mêlant à l'eau dans laquelle les Vorticelles vivent une petite quantité de carmin d'indigo finement divisé, on pourra observer la façon dont se forment ces vacuoles digestives. Les particules colorées sont attirées dans le vestibule par l'action des cils du péristome et des parties adjacentes et s'accumulent peu à peu à l'extrémité interne de l'œsophage. Un moment après, cet amas de granulations est chassé dans la substance centrale du corps, entraînant autour de lui une couche d'eau comme enveloppe. Tout à coup cette eau s'en sépare et devient libre dans la substance centrale molle du corps sous la forme d'une galette sphérique.

Dans quelques Vorticelles, les vacuoles digestives ainsi formées subissent un mouvement de circulation : elles montent d'un côté à l'autre du corps, parcourent en travers la face inférieure du disque et redescendent de l'autre côté. Tôt ou tard, le contenu de ces vésicules est digéré et le résidu de la digestion passe dans le vestibule par un orifice visible seulement au moment même de l'expulsion des fèces et invisible à tout autre moment.

Une partie de la substance du corps dont la transparence et les réactions vis-à-vis des matières colorantes diffèrent légèrement du reste du corps, s'appelle le *noyau* ou *endoplaste.* Il est allongé et recourbé en forme de croissant ou de fer à cheval.

Les Vorticelles se reproduisent de deux manières : tantôt par *scission longitudinale*, dans ce cas la Vorticelle se fend par le milieu et chaque moitié acquiert la structure de l'animal entier; tantôt par *gemmation* du *noyau,* alors l'endoplaste se divise et une ou plusieurs

des petites masses arrondies ainsi formées deviennent libres et constituent des germes mobiles.

Il arrive parfois qu'on aperçoive un corps arrondi, entouré d'un anneau de cils, mais offrant d'ailleurs tous les caractères d'une Vorticelle, inséré à la base du corps en forme de cloche d'une Vorticelle ordinaire. On a d'abord émis l'hypothèse que ce sont là des bourgeons, mais ils paraissent être des individus indépendants qui se sont attachés d'eux mêmes à l'animal auquel ils adhèrent, et qui se fusionnent graduellement avec lui de telle sorte que les deux formeront bientôt un tout indistinct. Il est probable que cette conjugaison constitue un phénomène de sexualité.

Dans certains cas, la Vorticelle peut s'enkyster. Le péristome se ferme et la Vorticelle se convertit en un corps sphérique où l'on ne distingue plus que le noyau et la vacuole contractile. Elle s'entoure d'une enveloppe anhiste ou *kyste*, duquel, après y avoir passé en repos un temps plus ou moins long, la Vorticelle peut sortir pour reprendre son ancien mo de d'existence. En passant ainsi par un état de repos temporaire, la plupart des Infusoires ressemblent à la *Vorticelle*.

Les deux genres d'Infusoires que l'on rencontre le plus communément dans la Grenouille sont le *Nyctotherus* et le *Balantidium*. Tout deux sont libres et se remuent activement. Le premier en particulier est remarquable par sa taille relativement considérable, sa forme de croissant, ainsi que par la longueur de son œsophage, d'ailleurs très visible. Le *Balantidium* est pyriforme et possède une très courte dépression œsophagienne.

MANIPULATION.

A. Examinez des racines de plantes aquatiques, des conferves,.... etc., avec un objectif n° 2 ou 3, en évitant de comprimer la préparation; si vous parvenez à trouver un groupe de Vorticelles, prenez un fort grossissement et notez les points sui vants.

1. L'animal est dans l'état d'extension.

a. *Le corps.*

a. Sa taille (mesurez-la).

b. Sa forme; elle ressemble grossièrement à une cloche renversée; notez :

α. Le bord proéminent retourné (*péristome*).

β. Le *disque* central aplati qui s'élève au-dessus du péristome.

γ. Les *cils* qui bordent le disque.

δ. La dépression située entre le péristome et le disque.

ε. L'ouverture de la chambre (*vestibule*) où s'ouvrent la bouche et l'anus, dans la cavité située entre le péristome et le disque.

c. La structure.

α. La membrane externe, fine, transparente, homogène (*cuticule*).

β. La couche granuleuse (*couche corticale*) située en dedans de la cuticule. (Elle est finement striée en travers.)

γ. La portion centrale plus fluide, n'est pas séparée de β par des limites bien tranchées.

Les divers petits espaces clairs (*vacuoles alimentaires*) qui s'y trouvent, contiennent de petits corps étrangers qui ont été avalés (diatomées, Protococcus.... etc.)

δ. La vésicule contractile située juste au-dessus du disque, dans la couche corticale; sa systole et sa diastole.

ε. Le *noyau;* corps allongé, recourbé, situé dans la couche corticale, tantôt il est homogène, tantôt il présente des granulations distinctes; d'ordinaire on ne distingue pas le noyau avant d'avoir traité la préparation par l'iode (4).

ζ. L'*œsophage* apparaît tantôt en coupe optique transversale comme un espace clair arrondi, tantôt de côté comme un canal qui s'ouvre en haut au-dessous du disque et se termine brusquement en bas dans la substance du corps.

b. *Le pédicule.*

α. Sa longueur et son diamètre (mesurez-les).

β. Sa structure; la couche extérieure homogène (*gaine*) se continue avec la cuticule; la partie centrale (*axe*) est très refringente, généralement pourvue de granulations et se continue avec la couche corticale du corps de la Vorticelle.

2. L'animal est rétracté.

a. Le corps.

α. Pyriforme; arrondi par en haut; on n'aperçoit ni disque ni péristome.

β. L'espace clair situé transversalement près du sommet est l'indice d'un intervalle entre le disque rétracté et le péristome enroulé. Dans cet espace on peut souvent voir les cils se remuer.

γ. Structure; comme dans **1**, **a**, *c.*

b. Le pédicule; enroulé en tire-bouchon.



3. Les mouvements de la Vorticelle.

Comparez surtout la régularité, la précision et la rapidité de quelques-uns de ces mouvements avec la lenteur et l'irrégularité des mouvements de l'*amibe*.

a. Le mouvement des cils.

α. Examinecz les cils avec soin ; ce sont des prolongements délicats, homogènes ; notez leur lon gueur, leur diamètre, leur forme, leur position.

β. Les cils se continuent avec la couche corticale.

γ. Fonction des cils; leurs mouvements rapides, ils se courbent et se redressent alternativement; leurs mouvements sont *coordonnés;* ils agissent dans un ordre précis; notez les courants qui se produisent dans l'eau environnante (il est nécessaire pour cela d'introduire sous la lamelle quelques particules de carmin); les petits corpuscules sont entraînés dans l'œsophage.

b. Les mouvements de la vésicule contractile (voyez III. A. 3 *c*). Elle se distend et s'affaisse suivant un rythme assez régulier (*diastole* et *systole*).

c. Les *courants* qui se produisent dans la partie centrale du corps et qui font circuler les particules avalées. (Comparez VI, C.)

d. Les mouvements de l'animal entier. (Objectif n° 2 ou 3.)

α. Son extrême irritabilité; il se contracte à la plus légère stimulation, souvent même sans cause apparente.

β. Les mouvements qui se présentent dans la contraction : l'entortillement du pédicule, l'enroulement du disque ; rapidité de ces mouvements.

γ. Le mode de réexpansion : le pédicule se redresse d'abord, ensuite le péristome se retourne, enfin le disque et les cils font leur apparition.

4. Colorez par l'iode ou l'aniline : la cuticule est incolore, tout le reste se colore; le noyau surtout se colore fortement.

5. Traitez par l'acide acétique : le contenu disparaît bientôt, à l'exception pourtant de quelques-uns d'entre les corps avalés ; la cuticule ne se dissout que plus tard ou même ne se dissout pas du tout.

6. Notez les points suivants dans les divers échantillons :

α. Multiplication par scission ; une Vorticelle est en partie scindée en deux par un sillon vertical qui part du disque.

β. Deux Vorticelles complètes sur un seul pédicule; cela résulte

d'une scission complètement achevée. Une ceinture de cils se développe à la base d'une Vorticelle ou des deux.

[γ. Vorticelles non pédiculées nageant en liberté (vorticelles détachées de β.]

[δ. Conjugaison : une petite vorticelle nageant en liberté est attachée au côté d'une vorticelle pédiculée.]

[ε. Enkystement ; le corps contracté a la forme d'une sphère et est entouré d'une couche épaisse anhiste ; la vésicule contractile est d'une façon permanente en état de dilatation.]

B. On peut trouver avec les Vorticelles d'autres formes qui leur sont étroitement alliées et qui conviennent presque autant comme sujet d'étude. Ce sont :

a. **Epistylis**. Animaux en forme de cloche qui croissent sur un pédicule non contractile.

b. **Carchesium**. Forme très analogue à la vorticelle, qui croît sur un pédicule contractile ramifié.

c. **Cothurnia**. Forme souvent sessile, pourvue d'une coupe ou enveloppe dans laquelle la cloche peut se rétracter.

[L'activité avec laquelle se meuvent les Infusoires libres empêche un examen complet de l'animal vivant. On fera bien par conséquent d'ajouter une goutte de la solution d'acide osmique à la goutte d'eau que l'on examine. Ce réactif tue instantanément les infusoires tels que la *Paramécie*, le *Nyctotherus* et le *Balantidium*, sans détruire les traits essentiels de leur organisation.]

(A suivre.)



REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des sciences de Paris.

Séance du 30 avril 1883.

SAINT-LOUP. *Sur la structure du système nerveux des Hirudinées.* — « J'ai entrepris, au laboratoire de Malacologie du Muséum, des recherches sur l'anatomie comparée des Hirudinées, et mes premières observations m'ont révélé, relativement au système nerveux de ces animaux, la généralité d'une disposition de structure qui avait été regardée jusqu'ici comme exclusive à un seul type, celui de la Clepsine.

« J'ai étudié d'abord les Néphélis, où la transparence des tissus facilite l'observation. Les ganglions de la chaîne présentent à la face ventrale six capsules nettement distinctes et isolables du reste de la masse nerveuse. Ces capsules renferment des cellules nerveuses unipolaires, de dimensions variées et dont l'extrémité effilée se dirige vers le centre du ganglion. Deux de ces capsules sont médianes et placées suivant l'axe de la chaîne nerveuse; les quatre autres sont symétriquement disposées de chaque côté des premières.

« Cette disposition concorde exactement avec ce que Baudelot avait observé chez la Clepsine en 1865; mais ses observations ne s'étaient pas étendues à d'autres Hirudinées, ou du moins n'avaient pas été faites d'une manière suffisante. « Les quatre capsules latérales, dit Baudelot, semblent correspondre aux amas de « cellules unipolaires qu'on observe autour des ganglions de la sangsue médicinale; « quant aux deux autres, il me serait difficile d'établir à leur égard aucune com- « paraison suffisamment motivée. » « La comparaison devient facile avec ce qui s'observe chez la Néphélis : les deux capsules médianes correspondent exactement à leurs homologues chez la Clepsine; l'analogie ne peut être contestée.

« Chez l'Aulastome, où j'ai examiné, tant à l'état frais qu'à l'aide des réactifs chimiques, les ganglions de la chaîne nerveuse, j'ai retrouvé les six capsules semblablement placées et ne présentant avec celles des Néphélis que des différences de forme résultant de leur pression les unes contre les autres. Les capsules médianes, en effet, deviennent plus grandes relativement aux autres : l'une se termine en pointe vers l'extrémité céphalique de la chaîne, l'autre s'élargit au contraire dans le sens transversal.

« L'histologie des centres nerveux de la sangsue médicinale a été faite par Faivre, dans un travail publié en 1856. Ce naturaliste a bien aperçu, à la face inférieure des ganglions, des cloisons de séparation entre des groupes de cellules nerveuses, mais il n'a entrevu que vaguement la signification de ce groupement. En réalité, les capsules existent comme chez les autres Hirudinées dont j'ai parlé, et leurs positions respectives sont exactement comparables à ce qui existe chez l'Aulastome. J'ai constaté aussi chez toutes ces Hirudinées la présence du nerf intermédiaire, ou médian impair signalé par Brandt chez la sangsue médicinale et que Baudelot n'a pas vu chez la Clepsine.

« Les analogies de structure s'étendent encore aux systèmes particuliers de gan-

glions qui constituent le cerveau, la masse sous-œsophagienne et la masse caudale.

Chez les différents types, en effet, ces trois portions de la chaîne sont constituées par une partie fibreuse et des capsules identiques à celles des ganglions et enfermant comme elles des cellules nerveuses unipolaires. Ces capsules sont rangées partout d'une façon analogue, et les différences portent surtout sur leur nombre. Baudelot, en comptant chez les Clepsines les capsules de la masse sous-œsophagienne, conclut qu'elle se compose d'au moins quatre ganglions, confondu par suite du raccourcissement de leurs connectifs. La masse nerveuse caudale serait formée de la fusion de sept ganglions; le nerveau en comprendrait deux.

« J'espère, par des observations ultérieures, vérifier de quelle façon ces conclusions s'étendent aux différents types du groupe et publier, dans un travail d'ensemble, les résultats que l'Anatomie comparée et l'étude du développement doivent donner, au point de vue de la morphologie du système nerveux des Hirudinées. »

A. Barthélemy. *De l'incubation des œufs d'une poule atteinte du choléra des poules.* « Dans une ferme du Gers, très éprouvée l'an dernier par le choléra des poules et la maladie du porc, une poule a présenté cette année, vers la fin de février, les symptômes de la maladie. Après les alternatives de retour à la santé et des rechutes, elle a succombé après avoir pondu quatorze œufs. J'ai soumis à l'incubation ces œufs, qui avaient été recueillis avec soin et qui ont été marqués pour les dintinguer des œufs normaux qui complétaient la couvée.

« Observés concurremment, les deux sortes d'œufs n'ont d'abord montré aucune différence sensible dans le développement embryonnaire, tant qu'a duré la circulation vitelline.

« Des différences notables ne se sont manifestées que lorsque la circulation de l'allantoïde a commencé à se produire, entre le huitième et le dixième jour : le développement s'est arrêté, et aucun œuf n'est arrivé à éclosion. En ouvrant, à partir de ce moment, les œufs avec les précautions habituelle, on trouve, sous la coquille et à la surface de l'allantoïde, un véritable lac sanguin d'un sang noir et répandant l'odeur spéciale du sang des poules mortes de la maladie. Pendant longtemps encore, l'artère ombilicale présente des pulsations très lentes, qui prouvent que la vie met longtemps à s'éteindre dans l'embryon.

» Quant à celui-ci, on le trouve noyé au fond de la poche amniotique, gorgée d'une très grande quantité de liquide, tandis que toute l'albumine a complètement disparu.

« Le sang est rempli de bactéries, tandis que le liquide amniotique contient des monades d'une extrême petitesse.

« Il est évident que l'œuf contenait les germes des microbes dont les liquides de la mère étaient gorgés, et que ces germes ne se sont développés qu'avec la respiration aérienne, lorsque l'allantoïde a donné au liquide sanguin l'oxygène nécessaire au développement des bactéries.

« Il est intéressant de remarquer que ce n'est aussi qu'à ce moment que l'embryon présente réellement les caractères de l'oiseau.

« J'ai fait avaler à trois poules des débris de ces embryons, et deux ont déjà succombé.

« Il est vrai que la maladie règne encore dans la ferme et que d'autres poules sont atteintes. »

BABES. *Comparaison entre les bacilles de la tuberculose et ceux de la lèpre (éléphantiasis des Grecs).* — « Dans une précédente Communication, j'ai montré les différences qui existent entre les bacilles de la tuberculose et ceux de la lèpre, au point de vue de leur réaction vis-à-vis de quelques agents chimiques.

« Aujourd'hui j'aurai en vue les différences qu'ils présentent au point de vue de leur forme et de leur siège.

« 1° En examinant les productions jeunes de le tuberculose et de la lèpre tuberculeuse, au point de vue de la dimension des bacilles, on trouve les mesures suivantes (par ordre de fréquence). Pour le bacille de la tuberculose, longueur : 3μ, 3μ,7 ; 3 ; 2,4 ; 4,8 ; 2 ; épaisseur : 0μ,4 ; 0,6 ; 0,34 ; 0,7 ; 0,3. Pour le bacille de la lèpre, longueur : 4μ ; 2,94 ; 5,6 ; 3 ; épaisseur : 0μ,4 ; 0,5 ; 0,32 ; 0,45.

« Au point de vue de la forme, il existe des différences plus notables. Le bacille de la lèpre est plus rigide, rectiligne, quelquefois articulé, tandis que celui de a tuberculose présente des lignes ondulées ou des courbes. Les extrémités du bacille de la lèpre montrent fréquemment des épaississements arrondis, comme des spores ; ceux de la tuberculose ne présentent pas ou n'offrent que rarement ces renflements terminaux. Ces derniers présentent quelquefois des renflements suivant leur longueur.

« 2° Tous deux se trouvent d'abord dans les cellules du tissu conjonctif ; les grandes cellules de la lèpre renfermant les bactéries sont surtout les cellules plasmatiques, les *Matszallen* d'Ehrlich et les cellules fixes ; celles qui renferment les bactéries de la tuberculose sont surtout les cellules qui limitent les radicules lymphatiques et les leucocytes migrateurs.

« Dans les cellules arrondies, les bactéries de la lèpre sont, à la périphérie, souvent en disposition radiée ; dans les éléments fusiformes, elles sont parallèles à l'axe de la cellule.

« Les bacilles de la tuberculose forment des groupes irréguliers, ou bien ils sont disposés comme les doigts de la main, et parfois ils sont entrelacés dans le protoplasma ; réunis en plus grande masse en dehors des cellules, ils décrivent de arabesques ou des touffes. Quand les bacilles de la lèpre sont réunis en masse ils forment des blocs compacts, qui se substituent totalement au protoplasma des cellules, ou bien ils se montrent à leur périphérie, en constituant une sorte de bague solide.

« 3° Les deux espèces de bactéries peuvent traverser les revêtements épithéliaux, comme je l'ai déjà indiqué (Note présentée à la Société de Biologie le 21 avril 1883), celle de la tuberculose plus facilement que celle de la lèpre.

« La bactérie de la tuberculose se propage surtout par les voies lymphatiques le long des vaisseaux, celle de la lèpre montre une certaine prédilection à se propager le long des tendons et des tubes nerveux. Plus tard, les deux bacilles pénètrent dans les canaux glandulaires et dans les vaisseaux sanguins oblitérés.

« Sur trois cas de lèpre anesthésique que j'ai eu l'occasion d'examiner, je n'ai trouvé que dans un cas des bacilles. Ceux-ci étaient libres ou bien dans l'intérieur des cellules fixes des tendons enflammés, appartenant à un doigt mortifié. Ces bacilles présentent les plus petites des dimensions que j'ai indiquées.

« 4° Dans les tissus scléreux, on trouve des amas enkystés de bacilles qu'il s'agisse de la tuberculose ou de la lèpre.

« Ils subissent les modifications suivantes : les bacilles de la tuberculose deviennent plus granuleux; ils s'accolent les uns aux autres, se réunissent en faisceaux parallèles; dans ces amas, il est difficile de reconnaître les bâtonnets, mais on peut distinguer des grains bien colorés, ronds ou cubiques, se rapprochant de l'apparence des sarcines. Les amas des bacilles de la lèpre déjà anciens, surtout ceux qu'on trouve dans les vaisseaux oblitérés, montrent des filaments englobés, à peine visibles, dans lesquels on peut distinguer un grand nombre de très courts bâtonnets caractéristiques. Les masses ramollies, caséeuses ou presque pétrifiées, de la lèpre sont constituées par de grandes agglomérations de bacilles qui ont conservé quelquefois la forme des cellules. Le plus souvent elles sont confondues en une masse homogène et granulée, présentant des cassures qui divisent la substance en fragments, dans lesquels il est difficile de trouver la trace des microbes.

« 5° Dans les nodules de la tuberculose et de la lèpre, on trouve souvent des petits éléments ronds qui se colorent par la même méthode que les bacilles. Ces éléments ont un diamètre qui varie depuis 0μ,5 à 1,5; ils offrent l'aspect de petits grains brillants, formant de petits groupes ou des chapelets. J'en ai trouvé dans certaines cultures et dans les produits tuberculeux consécutifs à l'inoculation, surtout à celle de ces cultures. Je les ai rencontrés aussi dans un cas de lèpre de la peau, dans un autre du testicule, dans deux cas de tuberculose des méninges, dans les parois des vaisseaux, dans des tubercules miliaires, dans deux cas de tuberculose pharyngée, dans des cellules géantes d'une péricardite tuberculeuse, enfin dans le coagulum de vaisseaux traversant des foyers tuberculeux ou lépreux.

« 6° D'après la même méthode se colorent aussi les coccidium, qui forment quelquefois des amas semblables aux produits de la tuberculose; les grains ronds, les bâtonnets et les éléments en forme d'haltères, qui jouent un rôle dans le développement et qui sont situés à l'intérieur ou en dehors des coccidium, fournissent quelquefois la même apparence que les grains que nous signalons dans la lèpre et la tuberculose. Outre ces élémennts, on trouve dans certains cas, surtout chez le lapin, des globules rouges ou des grains, qui semblent être le produit de la dégénérescence de ces globules, qui se colorent d'après la méthode d'Ehrlich. Les poils, certaines cellules du *stratum corneum* et des différents tissus devenus cornés, ou qui sont atteints d'une espèce de dégénérescence hyaline, montrent la même réaction.

« 7° Le bacille de la tuberculose se développe plus rapidement dans les tissus que celui de la lèpre; son élimination hors de l'organisme est plus facile, parce qu'il se trouve en partie dans les cellules migratrices, que le produit tuberculeux se détruit plus vite que celui de la lèpre et qu'il est souvent situé dans les tissus

d'où son rejet à l'extérieur est plus aisé; enfin parce que la destruction d'un nodule tuberculeux sert à l'élimination des bactéries. En effet, nous trouvons dans les produits tuberculeux beaucoup moins de bacilles que dans ceux de la lèpre. Mais il faut noter que, même dans les produits tuberculeux, d'où leur élimination à l'extérieur n'est pas probable, les bacilles de la tuberculose sont relativement peu nombreux. Quand les bactéries de la lèpre tuberculeuse et de la tuberculose expérimentale (Note présentée à la Société anatomique le 27 janvier 1883) suffisent par leur nombre immense pour expliquer mécaniquement les symptômes de cette maladie, la présence et la propagation des bacilles de la tuberculose dans les tissus chez l'homme ne suffisent pas toujours pour rendre compte des symptômes et de l'anatomie pathologique. Aussi, malgré les recherches ingénieuses de Koch et l'analogie des bacilles des deux maladies, il faut admettre un autre facteur, qui concourt chez l'homme à la formation des produits tuberculeux. »

Séance du 7 mai 1883.

P. Girod. *Recherches sur le développement des chromatophores de* Sepiola Rondeletii. « — Dans une Communication antérieure [1], j'ai fait connaître la structure du chromatophore telle que l'observation de l'animal adulte pouvait permettre de la comprendre. Je désire compléter cette étude en suivant la formation des parties constituantes du chromatophore pendant les phases du développement embryonnaire.

« Pendant la première période, les couches qui s'étendent au-dessous de l'épiderme et doivent constituer le derme sont formées par des cellules dépourvues de membrane d'enveloppe, munies d'un gros noyau central et étroitement appliquées les unes contre les autres (cellules embryonnaires).

« Une première orientation de ces cellules détermine la distinction d'assises superposées, et bientôt deux couches superficielles subissent des modifications profondes; elles donnent les chromatophores et les iridocystes.

« Pour la formation des chromatophores, on voit, dans la couche, certaines cellules prendre plus d'accroissement, s'arrondir et se distinguer par un nucléole qui se montre dans le noyau. Elles peuvent, dès lors, servir de point de repère; chacune d'elles (*cellule initiale*) deviendra la cellule pigmentaire d'un chromatophore. Chaque cellule initiate se trouve enchâssée entre quatre cellules voisines qui lui forment une couronne périphérique (*cellules de bordure*). Une cellule initiale et ses cellules de bordure forment un *groupe chromatophorique*.

« Chaque groupe touche à quatre groupes voisins, et chacune de ses cellules de bordure est en rapport avec une cellule semblable de ces groupes. On a ainsi une sorte de damier irrégulier formé par cet ensemble. Au point de convergence de quatre groupes se trouve toujours une cellule (*cellule intermédiaire*) indépendante des cellules des groupes et qui sert de centre à des formations nouvelles.

« 1° *Groupe chromatophorique*. — La *cellule initiale* s'accroît rapidement dans tou-

1. Voir *Comptes rendus*, t. XCVI, n° 10, 5 mars 1883.

tes ses parties; le protoplasma prend une prédominance marquée sur celui des cellules voisines, et le noyau se dessine par un contour accusé. Cette augmentation est déjà très évidente au moment où la pigmentation orangée se manifeste dans les masses oculaires de l'embryon. Elle se poursuit lentement jusqu'au moment où le pigment oculaire passe à la teinte brun sombre. Alors des granulations d'une ténuité extrême apparaissent dans le protoplasma et impriment à la *cellule initiale* le caractère de *cellule pigmentaire*.

« Dans la suite du développement, la cellule continue à grandir pour atteindre les dimensions de l'adulte; le protoplasma manifeste les mouvements décrits, et les granulations pigmentaires deviennent de plus en plus abondantes.

« Le protoplasma se dessine nettement à l'extérieur par un contour précis, dû peut-être à une simple condensation périphérique ou à la présence d'une membrane d'une grande ténuité que nous avons signalée chez l'adulte.

« En même temps, les *cellules de bordure* se divisent pour suivre l'agrandissement du contour de la cellule initiale. Cette division se fait par bipartition et aboutit à la formation de 16 à 22 cellules périphériques qui deviennent les *cellules basilaires* de l'adulte.

« Ainsi chaque *groupe chromatophorique* donne la *cellule pigmentaire* et les *cellules basilaires* du chromatophore.

« 2° *Cellules intermédiaires.* — Chaque cellule intermédiaire se divise activement et forme un *groupe intermédiaire* qui s'étend en suivant l'augmentation générale de la surface tégumentaire et sépare ainsi les groupes chromatophoriques initiaux.

« Les cellules d'un groupe intermédiaire ont un développement ultérieur variable suivant leur position : les unes se différencient en cellules initiales, s'entourent d'un anneau de cellules de bordure et forment de nouveaux groupes chromatophoriques; les autres constituent le tissu conjonctif de la couche des chromatophores, les autres enfin deviennent de nouvelles cellules intermédiaires.

« Les cellules qui vont donner naissance au tissu conjonctif s'orientent de façon à constituer des lignes, des réticules de forme variable. Les noyaux s'éloignent les uns des autres en entraînant le protoplasma, qui s'étire en cordons et en trabécules intermédiaires. La formation de fibres déliées au sein de ces cordons est très évidente sur les préparations provenant d'embryons traités par le liquide de Kleinenberg. Ainsi se forment des faisceaux conjonctifs recouverts par les noyaux des cellules initiales et plus ou moins volumineux et ondulés. De ces faisceaux, les uns se disposent sans ordre et forment le réticulum fondamental de la couche, les autres proviennent de cellules qui se sont orientées pour converger comme autant de rayons sur les cellules basilaires du chromatophore et constituer les faisceaux radiaires dont j'ai étudié la disposition et le rôle véritable chez l'adulte.

« Sur beaucoup de points, les cellules d'un champ intermédiaire se groupent en deux ou plusieurs couches superposées et donnent ainsi des groupes chromatophoriques situés sur des plans différents.

« Les nouvelles cellules intermédiaires se comportent comme celles qui leur ont donné naissance. Cette formation continuelle de nouvelles cellules et de

groupes qui en dérivent se poursuit tant que le tégument s'accroît, ce qui explique chez l'adulte la présence de chromatophores aux différentes phases de développement que je viens de décrire.

« Ainsi, les cellules intermédiaires constituent le tissu conjonctif fondamental de la couche et les faisceaux radiaires qui s'en détachent pour converger sur les groupes chromatophoriques; de plus, elles permettent l'accroissement en étendue de la couche, en formant des champs qui se comportent comme des formations embryonnaires initiales.

« Ces recherches ont été poursuivies sur des embryons de Sépiole recueillis à Roscoff. La fécondation de la Sépiole se fait sur ce point de la côte dans le courant de juillet, sur les plages sablonneuses échauffées par le Soleil (Pempoul, île de Batz); les œufs sont pondus au large en août et septembre. La drague ramène les pontes qui se trouvent à de grandes profondeurs.

« Les œufs ainsi obtenus se développent et vivent bien dans l'appareil à pisciculture du laboratoire, et il est facile de les suivre dans les modifications quotidiennes. Les Sépioles pêchées au petit filet à main vivent longtemps dans les aquariums, mais n'ont jamais donné de pontes dans ces conditions. »

A. Schneider. *Ophryocystis Bütschlii.* — « J'ai découvert, dans les vaisseaux de Malpighi du *Blaps*, un sporozoaire nouveau des plus curieux.

« Il a la forme et l'apparence extérieure d'une Amibe; son corps est souvent couvert de prolongements digitiformes simples ou divisés, d'une longueur qui peut égaler ou dépasser celle de la masse centrale. Celle-ci, chargée de granulations, renferme de un à dix noyaux sphériques de 3 μ de diamètre, avec un ou deux nucléoles punctiformes.

« La multiplication de l'espèce s'effectue principalement par kystes. L'enkystement ne s'accomplit qu'entre des individus à nucléus unique et à forme sphérique. Les deux êtres conjugués sécrètent successivement autour d'eux plusieurs enveloppes marquées chacune d'une lignes équatoriale de déhiscence.

« Les phénomènes qui se succèdent dans le kyste sont très spéciaux. Chacun des deux nucléus se divise de manière à donner trois noyaux dans la moitié correspondante du kyste. Des six nucléus ainsi produits, deux seulement participent à la constitution de l'élément reproducteur, représenté exceptionnellement par deux petites spores et normalement par une seule spore volumineuse. Une fraction du plasma du kyste intervient avec eux dans cette formation. Les quatre noyaux et tout le reste de la masse granuleuse du kyste demeurent sans emploi et se liquéfient.

« La spore, ressemblant à une navicule, prodit à son intérieur, outre un nucléus de reliquat, un certain nombre de corpuscules falciformes pourvus chacun d'un noyau.

» La description de cet être singulier, qui ne saurait rentrer complètement dans aucune section des sporozoaires, paraîtra incessamment dans les *Archives* du professeur de Lacaze-Duthiers, accompagnée d'une planche. »

P. Mégnin. *Sur la reproduction directe des Ténias.* — « A l'autopsie d'un jeune chien d'appartement, mort à l'âge de quatre mois d'attaques ép leptiformes qui le tourmentaient depuis un mois, j'ai trouvé dans ses intestins trois grands Ténias de

l'espèce *Tænia serrata* de Gœze, de 0m,50 à 0m,80 de long, qui avaient au moins deux mois d'âge, et une douzaine de jeunes Ténias ayant depuis 0m,003 jusqu'à 0m,010 et 0m,015 de longueur. Il est certain que les grands Ténias ont été contractés au chenil où le jeune chien a été élevé, soit par un contact plus ou moins direct avec d'autres chiens, soit par une alimentation ou des boissons contenant les germes de Ténias; quant aux jeunes Ténias de quelques millimètres de longueur et qui n'ont par conséquent que quelques jours d'existence (d'après les expériences de Van Beneden, un Ténia de dix-huit jours ayant plusieurs pouces de longueur), il est impossible d'expliquer leur présence autrement que par une reproduction directe au moyen d'œufs fournis par les grands Ténias et éclos dans les intestins; car pendant le dernier mois de la vie du jeune sujet, où je l'ai eu constamment sous les yeux, je suis absolument certain que sa nourriture a été d'une pureté parfaite et qu'il n'a ingéré ni Cysticerque ni Cœnure, que l'on regarde encore, à tort, comme les seuls germes pouvant donner des Ténias.

« C'est donc un exemple de reproduction directe de Ténias sans l'intervention d'une migration larvaire quelconque.

« Une preuve que chez l'homme lui-même les cucurbitains ou proglottis de Ténias, détachés du strobile, peuvent séjourner longtemps dans l'intestin, s'y vider de leurs œufs et même y acquérir des dimensions extraordinaires, est fournie par des proglottis que je possède et qui ont été rendus par un homme jeune. Ces proglottis ont de 0m,035 de long sur 0m,005 de large et ne montrent plus que de très rares œufs épars dans leur trame. C'est par l'éclosion des œufs ainsi pondus dans l'intestin et par la pénétration des embryons dans les tissus que s'explique le développement de la ladrerie chez l'homme et chez le chien, et ce sont probablement des cas de reproduction directe des Ténias dans l'intestin que ces exemples, fournis par l'espèce humaine, de persistance pendant plusieurs années d'une infection de Ténia »

Séance du 14 mai 1883.

CHAMBERLAND et ROUX. *Sur l'atténuation de la bactéridie charbonneuse et de ses germes sous l'influence des substances antiseptiques.* — « Dans une Note présentée à l'Académie dans la séance du 9 avril, nous avons établi que la bactéridie du charbon est modifiée dans sa virulence lorsqu'elle pullule dans un milieu additionné de certaines substances antiseptiques, notamment d'acide phénique et de bichromate de potasse. Nous avons montré que la bactéridie-filament qui a subi l'action de ces agents se reproduit dans les milieux appropriés en conservant sa virulence atténuée et qu'elle y donne des germes qui perpétuent ses qualités nouvelles.

« Dans une autre série d'expériences, nous avons soumis la bactéridie-filament à l'action de l'agent chimique au sein d'un liquide où sa pullulation n'est pas possible : nous avons fait agir sur la bactéridie toute formée une solution d'antiseptique dans l'eau pure qui ne lui apporte aucun élément nutritif.

« Les filaments bactéridiens d'une goutte de sang charbonneux virulent mise dans l'eau phéniquée au 1/600 ne tardent pas à périr; nous avons vu cependant que la bactéridie vit et végète pendant des mois dans un bouillon nutritif qui ren-

ferme cette même proportion de 1/600 d'acide phénique [1]. Dans une solution phéniquée au 1/900, les filaments bactéridiens restent vivants pendant un temps très long, ainsi que le prouvent les cultures que l'on peut en faire même au bout de plusieurs mois. Pendant tout le temps de l'expérience, ils ne donnent pas de germes, et leur virulence va en s'affaiblissant. Ainsi la culture de bactéridies filamenteuses restées un mois en contact avec une solution phéniquée au 1/900 tue les lapins et les cobayes. Une culture faite après trois mois ne tue plus les lapins. Dans ces circonstances, la perte de la virulence est moins rapide que dans le cas où la bactéridie végète en présence de l'antiseptique. Ce n'est que peu de temps avant la mort des filaments que l'on constate cette diminution de virulence pour les lapins.

« La condition essentielle pour atténuer la virulence de la bactéridie charbonneuse, soit par la méthode des cultures à 42°-43°, soit par celle qui emploie les antiseptiques, est l'absence de spores dans les filaments soumis à l'action prolongée de l'air, de la chaleur ou des agents chimiques divers. La spore est la forme de résistance de la bactéridie; elle la soustrait, pour ainsi dire, à l'action du milieu environnant et conserve les propriétés du filament qui lui a donné naissance. Malgré cette résistance aux agents extérieurs, le germe de la bactéridie peut être modifié et atténué dans sa virulence comme le filament lui-même.

« Des spores de bactéridie bien formées, vieilles d'une quinzaine de jours, sont mises en contact avec de l'acide sulfurique à 2 pour 100 et exposées à la température de 35° dans des tubes fermés que l'on agite fréquemment, pour bien assurer le contact de l'acide et des spores. Tous les deux jours, une petite quantité de ces spores sont semées dans du bouillon de veau légèrement alcalin. Les cultures ainsi obtenues dans les premiers jours tuent les lapins et les cobayes. La culture faite le huitième ou le dixième jour tue les cobayes, mais est inoffensive pour les lapins; la culture faite le quatorzième jour ne tue plus qu'une partie des cobayes auxquels on l'inocule. Les bactéridies ainsi obtenues donnent rapidement de nombreux germes et conservent leur virulence atténuée dans les cultures successives.

« Mais, fait digne de remarque, les cultures issues de spores traitées par l'acide sulfurique et qui ont perdu leur virulence pour les lapins l'ont conservée pour les moutons et les font périr dans la proportion de sept sur dix. Ce fait et ceux analogues que nous avons rapportés dans notre première Note montrent que chaque espèce animale a une réceptivité particulière pour chacune des races de bactéridies que l'on peut créer par les artifices de culture.

« La diminution de la virulence des spores de bactéridie et enfin leur mort sous l'action de l'acide sulfurique étendu surviennent d'autant plus rapidement que la température est plus élevée et l'acide plus concentré, et d'autant plus lentement que la température est plus basse et la solution acide plus étendue. »

G. Carlet. *Sur les mécanismes de la succion et de la déglutition, chez la sangsue.* — « A l'état de repos, les trois mâchoires de la sangsue sont repliées à l'entrée de l'œsophage, qu'elles obturent parfaitement. Quand elles s'abaissent en s'écartant l'une de l'autre [2], elles dilatent l'orifice œsophagien, qui prend la forme d'un

1. Voir *Comptes rendus*, séance du 9 avril 1883.
2. *Sur la morsure de la Sangsue* (*Comptes rendus* du 28 avril 1883).

triangle dont chaque côté correspond à la base d'une mâchoire. Aussitôt le sang s'élance dans cet entonnoir béant *(succion)*; mais alors les mâchoires se relèvent en se rappprochant et poussent le sang derrière elles *(déglutition)*.

« Il est facile d'observer directement le phénomène de la succion, en soulevant, sur une partie de son pourtour, la ventouse d'une sangsue en train de sucer.

« Pour étudier le mécanisme de la déglutition, on n'a qu'à sectionner, d'un coup de ciseaux, la région œsophagienne; on voit alors, au milieu de la section, l'œsophage entraîné par les mouvements des mâchoires monter et descendre tour à tour, en rejetant une ondée sanguine à chaque montée. Les mâchoires, en remontant, agissent donc à la façon d'un piston qui pousse le sang, et cela est tellement vrai que, si la section est faite assez bas, on assiste à la manœuvre de ce piston qui figure exactement un cône montant dans l'œsophage.

« En résumé, les mâchoires de la sangsue sont les agents essentiels de la succion et de la déglutition.

« 1° Pour effectuer la succion, les mâchoires, en s'abaisisant, s'écartent et rendent béante l'entrée de l'œsophage où le sang s'élance.

« 2° Pour effectuer la déglutition, les mâchoires se rapprochent et remontent dans l'œsophage, où, à la façon d'un piston, elles lancent le sang dans la direction de l'estomac. »

Séance du 21 mai 1883.

A. Chauveau. *Du rôle respectif de l'oxygène et de la chaleur dans l'atténuation du virus charbonneux par la méthode de M. Pasteur. Théorie générale de l'atténuation par l'application de ces deux agents aux microbes aérobies.* — « J'ai examiné le rôle que joue l'oxygène dans l'atténuation des cultures virulentes par la méthode du chauffage rapide, et j'ai démontré que l'influence de ce gaz est absolument nullle; non seulement il ne participe en rien à l'atténuation, mais sa présence constitue, pour le mycélium fragmenté des cultures aérobies, comme celles du *Bacillus anthracis*, une cause de résistance à l'action atténuante de la chaleur (*Comptes rendus*, 12 mars 1883). Cette étude devait m'amener nécessairement à examiner la théorie de la méthode de M. Pasteur pour atténuer ces mêmes cultures aérobies. Rien ne saurait prévaloir contre l'exactitude et la grande importance des excellents résultats obtenus à l'aide de cette méthode. Mais l'oxygène y joue-t-il le rôle prépondérant et même exclusif qui lui a été attribué? Il est certain que l'expérience fondamentale que je viens de rappeler autorise à se poser cette question. Il importe de la résoudre. La solution intéresse tout autant la biologie générale que la physiologie des virus et la prophylaxie des maladies virulentes.

« Toutes mes nouvelles expériences sur ce point ont encore été faites avec la collaboration de M. Jean Wosnessenki.

« La solution cherchée m'a semblé devoir être contenue dans les résultats de deux séries d'expériences instituées de manière à ne faire agir qu'une des deux conditions qui interviennent dans le dispositif de M. Pasteur : supprimer l'action de l'oxygène en laissant subsister celle de la chaleur; supprimer l'action de la chaleur en laissant subsister celle de l'oxygène; agir, dans les deux cas, sur les



mêmes *Bacilli* tout formés qui m'ont servi dans mes expériences antérieures, c'est-à-dire le mycélium fragmenté obtenu de culture à + 42°-43° d'une durée de vingt heures environ ; c'est là, en effet, un élément dont l'activité est en quelque sorte toute prête à recevoir les diverses directions ou modifications qu'on voudra lui imprimer.

« La première série était d'une exécution bien facile. Rien n'est plus simple que d'étudier les effets de la soustraction de l'oxygène aux cultures faites à la température + 42°-43°. Après le terme de vingt heures, quand les filaments et bâtonnets se sont développés en grand nombre, on fait passer une partie du liquide du matras dans une pipette, d où l'on extrait l'air rapidement, à l'aide de la pompe à mercure, et le tout est remis à l'étuve à + 42°-43°, pour continuer l'évolution un instant suspendue. Qu'advient-il de cette partie de culture privée d'air? Si l'hypothèse de M. Pasteur, sur l'importance du rôle atténuant de l'oxygène, était fondée, pendant que la culture restée dans le matras au contact de l'oxygène s'atténuera en continuant à se développer, celle qui a été soustraite à ce contact devrait, sinon conserver toute sa virulence, au moins s'atténuer beaucoup plus lentement que l'autre. Or c'est précisément l'inverse qui arrive. Toutes les cultures où l'on supprime l'action de l oyygène, en laissant subsister celle de la chaleur, perdent leur virulence en moins de vingt-quatre heures et la faculté de servir de semence féconde en moins de quarante-huit heures. Ainsi, ce n'est pas seulement à la température + 47°, nécessaire à l'atténuation rapide, que l'influence aggravante du vide se fait sentir. Cette influence se manifeste encore avec une très grande activité à la température ordinaire des cultures atténuantes de M. Pasteur. On est donc obligé de reconnaître que l'atténuation, dans ces cultures, ne dépend pas essentiellement de la présence de l'oxygène de l'air.

« La seconde série d'expériences, suppression de l'action de la chaleur avec conservation de celle de l'oxygène, ne paraît pas, au premier abord, très facile à réaliser. La température, en effet, est un phénomène tout relatif, qui ne peut être absolument supprimé, comme on le fait à l'égard de l'action de l'oxygène. Ce n'est pas une véritable difficulté, car il s'agit seulement de supprimer, d'une part, les conditions de température que les résultats ci-dessus indiqués, ou précédemment publis, démontrent être par elles-mêmes très énergiquement atténuantes, d'autre part, celles que j'appelle *eugénésiques*, parce qu'elles permettent, en présence de l'oxygène, le développement complet du *Bacillus anthracis* très virulent. Cette double exclusion réduit à l'emploi des basses températures agénésiques (inférieures à + 15°-16°) pour faire agir seul l'oxygène sur les filaments et bâtonnets virulents des cultures commencées à +42°-43°. L'expérience a été répétée assez souvent, soit avec la température + 10°-13°, ou + 5°-9°, soit surtout à la température zéro, qu'il est si facile d'entretenir avec la glace fondante. Dans tous les cas, sans exception, j'ai vu disparaître, des liquides de culture, la virulence d'abord, la faculté prolifique ensuite, mais beaucoup plus tardivement que dans les mêmes liquides maintenus sans oxygène à la température + 42°-43°. C'est affaire de vingt quatre et quarante-huit heures avec ces derniers. Dans les autres, la conservation de la virulence dure de quatre à huit jours, même un peu plus, et celle de la faculté prolifique peut aller jusqu'à dix à treize jours. Voilà qui prouve encore que, si

l'oxygène peut être considéré comme étant capable d'exercer par lui-même une certaine action atténuante dans les conditions spéciales qui viennent d'être indiquées, cette action est incomparablement moins énergique que celle de la chaleur dans les conditions même des cultures atténuantes de M. Pasteur. On verra plus loin qu'il y a encore à rabattre sur la faible influence attribuée ici à l'oxygène.

« Les expériences dont je viens de rapporter les résultats répondent d'une manière suffisante à la question que je m'étais posée. Si je n'avais eu que cette question en vue, j'aurais pu m'arrêter là. Mais il fallait aller plus loin et chercher à établir, d'une manière aussi complète que possible, la théorie générale de l'action de la chaleur et de l'oxygène dans l'atténuation des virus aérobies. Pour cela, quelques nouvelles expériences devaient compléter les documents acquis sur le rôle de la température, rôle dont l'importance venait d'être grandie par mes recherches.

« Il m'a paru que je me procurerais assurément les renseignements qui m'étaient nécessaires en étudiant parallèlement et comparativement, toujours sur le même mycélium fragmenté de cultures de vingt heures environ à + 42°-43°, l'influence de l'air sous tension diminuée, ou sous tension normale, ou enfin sous tension augmentée, pendant les quatre phases décroissantes de température qui corespondent à l'agénésie par excès de chaleur, à la dysgénésie, à l'eugénésie, enfin à l'agénésie par défaut de chaleur. Je vais résumer en peu de mots le résultat des expériences extrêmement multipliées qui ont été faites sur ce sujet dans mon laboratoire; elles ont surtout porté sur la dernière phase de température, au sujet de laquelle les documents me manquaient le plus.

« Rien de plus net, de plus instructif et de plus facile à décrire que l'influence exercée par la température, en présence de l'air raréfié au maximum, c'est-à-dire du vide de la pompe à mercure, sur les *Bacilli* virulents obtenus de cultures à + 42°-43°. Il n'est même pas nécessaire de distinguer entre les différentes phases; on part d'une température relativement élevée, + 50° par exemple, et l'on descend jusqu'à zéro par échelons réguliers, plus ou moins espacés. La vie, qui disparaît en quelques heures quand la température est haute, se prolonge d'autant plus que celle-ci baisse davantage. Aux basses températures, incompatibles avec tout développement, à zéro particulièrement, la virulence se conserve pendant cinq à sept jours, même huit à dix jours, et la faculté prolifique pendant douze à quinze jours. Je n'ai jamais vu les cultures mises et graduées à cette température tuer les cobayes au delà du dixième jour, ou féconder une nouvelle culture au delà du quinzième. Mais elles-mêmes gardent un peu plus longtemps la faculté de reprendre leur évolution, quand on les replace au contact de l'air et qu'on les soumet à une température eugénésique.

« Dans tous les cas d'exposition aux basses températures combinées avec l'action du vide, la virulence, avant de s'évanouir complètement, s'atténue progressivement. Même chose arrive avec les température moyennes. Je n'ai pas besoin de rappeler que j'ai démontré déjà cette atténuation progressive pour les températures relativement élevées (*Comptes rendus*, 12 mars 1883).

« Ainsi, sans l'intervention de l'action de l'oxygène et de la chaleur, sous la

seule influence du milieu liquide où ils se sont développés, les *Bacilli* de cultures virulentes perdent assez rapidement leurs propriétés physiologiques et meurent. Dans ce milieu, la température zéro est impuissante à garantir la conservation de l'activité du protoplasme qui constitue la substance de ces *Bacilli*. Matériellement, cette substance ne s'altère cependant pas beaucoup; elle montre bien des signes de débilitation, c'est-à-dire la fragmentation et même la disparition partielle du protoplasme ou sa transformation en pseudo-spores; mais cette altération des caractères morphologiques n'est jamais en rapport avec celle des caractères physiologiques.

« J'ai voulu, bien entendu, étudier, au point de vue de la reproduction, ces *Bacilli* qui s'altèrent spontanément dans le vide à basse température, comme je l'avais fait précédemment pour les cultures atténuées par le chauffage rapide (*Comptes rendus*, 12 mars 1883). Les mêmes faits se sont constamment reproduits. Ainsi, dans tous les cas où l'atténuation du germe n'a pas été poussé trop loin, les cultures de deuxième génération, ensemencées avec une ou deux gouttes de liquide de première génération, ont très bien prospéré à la température moyenne + 35° et au contact de l'air. Toutes ces cultures ont donné naissance à des spores vigoureuses, dont l'activité virulente s'est trouvée atténuée dans une certaine mesure, et qui possédaient surtout l'aptitude à compléter cette atténuation naturelle par le chauffage à + 80°.

« En somme, l'absence de l'oxygène simplifie singulièrement l'étude de l'influence de la chaleur. Dans le vide, en effet, les cultures sont à peu près également agénésiques à toutes les températures. Il en résulte que le protoplasme du mycélium fragmenté développé préalablement dans ces cultures se trouve toujours dans le même état d'inertie nutritive, qui donne prise sur lui à toutes les influences débilitantes ou destructives, et qui permet à ces influences de s'exercer régulièrement dans la mesure de leur activité.

« Parlons maintenant des expériences comparatives faites en présence de l'air normal. Ici, il faut distinguer entre les diverses phases de température.

« Le cas des phases dysgénésique et eugénésique est bien connu et n'a guère à me retenir. Entre + 43° et + 16° environ, les cultures primitivement préparées à + 42°-43° continuent à se développer, incomplètement et en s'atténuant, ou complètement et sans s'atténuer, suivant que la température reste aux environs de + 42°-43° ou descend au-dessous de + 41°, 40°. Ces résultats sont certainement très significatifs quand on les compare à ceux de la série précédente, où les agents virulents, placés dans les mêmes conditions de température, mais soustraits à l'influence de l'air, meurent très rapidement. La comparaison cependant ne présente un véritable intérêt que dans le cas où le développement se trouve à peu près arrêté, comme il l'est, à toute température, dans les cultures privées d'air : ce sont les cas d'agénésie par excès ou défaut de chaleur.

« Il n'y a pas à s'appesantir sur la comparaison des résultats du chauffage à une température supérieure à + 44°, en présence de l'air ou dans le vide. Cette comparaison a déjà été faite (*Comptes rendus*, 12 mars et 26 février 1883). On sait alors que les agents virulents s'atténuent et périssent très rapidement, et d'autant plus vite que la température est plus élevée, mais que ce résultat est obtenu beaucoup

moins promptement dans les cultures restées au contact de l'air, preuve d'une plus grande force de résistance, qu'elles doivent à la présence de l'oxygène.

« Avec les basses températures agénésiques, l'influence de l'oxygène, chose intéressante, s'exerce en sens inverse. Cette influence est, du reste, peu marquée. Des chiffres ont été donnés ci-dessus : dix à treize jours pour la conservation de l'activité prolifique quand les cultures sont au contact de l'air, douze à quinze quand elles sont soustraites à l'action de l'oxygène. Ce sont là des différences peu sensibles; mais, comme elles sont constantes, le fait physiologique dont elles témoignent est irrécusable. C'est le seul cas dans lequel il m'ait été possible, jusqu'à présent, de constater la trace d'une action destructive exercée sur le *Bacillus anthracis* par l'oxydation du protoplasme. En somme, à l'air ou dans le vide, les cultures de vingt heures à + 42°-43°, sauf la réserve de ce fait particulier, se comportent à peu près de la même manière aux basses températures, soit au point de vue de la conservation des propriétés virulente et prolifique, laquelle est toujours incomparablement plus prolongée que dans les cultures soumises aux hautes températures agénésiques, soit en ce qui regarde l'atténuation graduelle qui précède constamment la perte de toute activité, soit enfin à l'égard des altérations matérielles concomitantes du protoplasme.

« En poursuivant la comparaison sur le terrain de la reproduction, on ne réussit pas à trouver des différences plus tranchées entre les deux sortes de cultures soumises aux basses températures agénésiques. Qu'ils se soient atténués dans le vide ou en présence de l'oxygène, les filaments ou bâtonnets de ces cultures servent avec un égal succès de semence féconde pour une deuxième culture; de plus, les spores en provenance de cette deuxième culture jouissent, dans les deux cas, exactement des mêmes propriétés. Il en est de même des spores qui se produisent dans les premières cultures atténuées en présence de l'air, quand on fait passer ces cultures de la basse température qui les paralysait à la température eugénésique + 35°. Toutes ces spores, sans exception, sont en possession de la même virulence naturelle légèrement atténuée et de la même aptitude à s'atténuer complètement par le chauffage à + 80°. En aucun cas, il ne m'a paru que les *Bacilli*, atténués à basse température, fussent plus aptes à transmettre leur atténuation quand celle-ci avait été effectuée en présence de l'oxygène de l'air, si longue qu'ait été la durée du contact.

« L'oxygène joue cependant un rôle très actif, quoique indirect, dans la production du phénomène de la transmission héréditaire de l'atténuation. En effet, cette transmission est surtout assurée dans les cas où l'atténuation s'opère sur des cultures non pas agénésiques, mais simplement dysgénésiques, c'est-à-dire les cultures placées dans les conditions imaginées par M. Pasteur, où le développement se continue, sans atteindre néanmoius à la formation des vraies spores. *L'atténuation, pendant l'évolution lente des éléments qui la subissent*, voilà, pour le *Bacillus anthracis*, la condition qui favorise le plus la transmission héréditaire de cette atténuation. Or c'est la présence de l'oxygène, combinée avec l'action de la chaleur, qui assure la continuation du développement dans les cultures en voie d'atténuation.

« Il me resterait à parler des expériences comparatives destinées à déterminer

l'influence qu'exerce l'air sous pression augmentée quand on fait agir les températures variées étudiées dans les deux précédentes séries. Comme ces expériences, dont le résultat peut être facilement prévu, d'après les faits déjà publiés par M. Bert, ne sont pas encore terminées et ne paraissent pas, du reste, indispensables à la synthèse des présentes recherches, je crois devoir formuler de suite cette synthèse dans les conclusions suivantes :

« I. Les faits antérieurement connus prouvent que la chaleur de l'oxygène, sources de toute activité vitale, peuvent se changer, pour les microbes infectieux aérobies placés dans certaines conditions, en agents d'atténuation, d'altération et de mort.

« II. Ces conditions de l'atténuation appartiennent soit aux microbes qui la subissent, soit aux agents atténuants eux-mêmes.

« III. Pour déterminer celles des conditions d'atténuation qui sont inhérentes à la substance infectieuse, on a eu tout intérêt à se servir d'un microbe connu, le *Bacillus anthracis*, et à le prendre dans les cultures de vingt heures à la température + 42°-43°, cultures où il existe à l'état de filaments ou bâtonnets virulents, doués d'une grande aptitude à subir les divers changements de propriétés qu'on veut leur imprimer.

« IV. C'est quand le protoplasme de ces *Bacilli* est en état de complète inertie, au point de vue nutritif et évolutif, qu'il est le mieux disposé à éprouver l'influence des actions atténuantes. Mais la transmission héréditaire de l'atténuation se fait alors imparfaitement.

« V. Si, pendant l'exercice des actions atténuantes, le protoplasme a conservé une certaine activité prolifique, l'atténuation se produit avec plus de difficultés, mais se transmet bien plus complètement aux générations ultérieures.

« VI. Aucune atténuation sérieuse ne peut se manifester pendant l'exercice intégral de la faculté évolutive.

« VII. Cette faculté étant étroitement liée à l'intervention de la chaleur et de l'oxygène, l'atténuation, à ses divers degrés, dépend donc des conditions qui rendent ces agents agénésiques, dysgédésiques ou eugénésiques.

« VIII. La privation d'oxygène est une condition essentiellement agénésique. Aussi dans le vide, les cultures préparées pour l'atténuation se modifient d'une manière remarquablement régulière sous l'influence de la chaleur. Du zéro à + 50°, cette influence atteint son résultat extrême, c'est-à-dire la mort des microbes, dans un temps qui varie de quinze ou vingt jours à quelques heures. Il y a lieu aussi, d'après les expériences de M. Bert, de ranger au nombre des conditions agénésiques l'accroissement de la tension de l'oxygène.

« IX. Si la température sort des limites bien connues de l'eugénésie, elle devient d'abord dysgénésique, puis agénésique, et exerce alors une puissante action atténuante sur les cultures, soit exclusivement par elle-même, soit avec le concours de l'oxygène. L'influence de ce dernier ne se fait guère sentir, en tant que force atténuante, que dans les cas où l'agénésie tient à l'abaissement de la température; et encore cette influence est-elle peu active. Quand l'agénésie dépend de l'élévation de la température, la présence de l'oxygène, au lieu de concourir à l'atténuation, retarde celle-ci très sensiblement.

« X. C'est donc surtout par excès de chaleur, en l'absence de l'oxygène, que les cultures s'atténuent, s'altèrent et meurent; d'un autre côté, si l'oxygène agit quelque peu, par sa présence, comme débilitant, c'est quand la chaleur fait défaut. D'où l'on voit que, pour produire leur maximum d'action, en additionnant leurs effets, les deux agents atténuants, chaleur et oxygène, doivent être mis dans des conditions respectivement inverses.

« XI. Il se produit toujours des altérations matérielles dans la substance des *Bacilli* dont l'activité est détruite ou simplement diminuée par le fait d'une cause atténuante : segmentation et disparition partielle du protoplasme, ou sa transformation en pseudo-spores. Parfois ces altérations sont peu marquées et ne font pas prévoir la grave atteinte portée aux propriétés physiologiques.

« XII. Toute culture préparée dans les conditions types, c'est-à-dire arrêtée dans son développement après vingt heures d'exposition à la température + 42°-43°, et qui a traversé une phase agénésique pendant laquelle s'est produite une convenable atténuation, reprend et complète son évolution quand cette culture est replacée dans des conditions eugénésiques. De même, une deuxième culture, ensemencée avec les *Bacilli* atténués de la culture primitive, se développe parfaitement bien dans le thermostat à + 35° environ. Les spores très vigoureuses qui proviennent de ces diverses cultures ne sont pas douées de toute la virulence que possèdent celles des cultures normales et se distinguent par une grande aptitude à devenir encore beaucoup moins actives sous l'action du chauffage à + 80°-85°.

« XIII. Sous ce dernier état, les spores dont il s'agit constituent, pour le mouton, un virus d'inoculation préventive qui, par la facilité de sa préparation, la sûreté de sa conservation, son innocuité et la solidité de l'immunité qu'il confère, paraît ne le céder à aucun autre agent préventif.

« XIV. Quand l'atténuation des *Bacilli* de la culture préparée *ad hoc* s'est opérée à une température simplement dysgénésique, c'est-à-dire compatible avec une lente continuation d'un certain travail évolutif (méthode de M. Pasteur), les spores des cultures eugénésiques qui font suite à cette première culture n'ont pas besoin d'un chauffage spécial pour compléter leur atténuation. Elles sont directement en possession du maximum de bénignité que l'atténuation a communiqué aux éléments de la première culture. »

Séance du 28 mai 1883.

G. Chicandard. *Sur la fermentation panaire.* — « La fabrication du pain au moyen de la farine de céréales date des temps les plus anciennement connus; l'usage du levain, c'est-à-dire l'addition de la pâte fermentée à la pâte fraîche, était pratiqué du temps de Moïse, ainsi que l'attestent les livres juifs; enfin l'emploi de la levure est lui-même ancien, puisque, parmi les Gaulois, les buveurs de cervoise ne l'ignoraient pas. De nos jours, les boulangers se servent concurremment du levain et de la levure; la plupart réservent l'emploi de cette dernière pour les petits pains, l'expérience ayant démontré que la pâte sur levure lève plus rapidement.

« Mais, si la fermentation panaire est depuis longtemps connue dans ses résul-

tats, ce n'est qu'après que l'on eut établi les conditions de la fermentation alcoolique qu'on émit une théorie de la panification en les rapprochant toutes deux. Après les travaux de Payen, de Musculus, de O'Sullivan, de Brown et Heron, et d'autres, sur l'amidon et ses dérivés, on édifia sur la fermentation panaire une théorie complète que nous résumons :

« L'amidon sous l'influence de la céréaline (diastase du froment) se dédouble par hydratation en maltose et dextrine,

$$\underbrace{C^{72}H^{60}O^{60}}_{\text{Amidon.}} + H^2O^2 = \underbrace{C^{24}H^{22}O^{22}}_{\text{Maltose.}} + \underbrace{2C^{24}H^{20}O^{20}}_{\text{Dextrine.}}$$

« La dextrine s'hydrate à son tour et donne de la maltose,

$$C^{24}H^{20}O^{20} + H^2O^2 = C^{24}H^{22}O^{22}.$$

« La maltose sous l'influence d'une diastase sécrétée par la levure (sucrase de Duclaux, zythozymase de Béchamp) fixe les éléments de l'eau et donne la dextrose et la lévulose,

$$C^{24}H^{22}O^{22} + H^2O^2 = C^{12}H^{12}O^{12} + C^{12}H^{12}O^{12}.$$

« Ces deux glucoses subissent la fermentation alcoolique,

$$C^{12}H^{12}O^{12} = 2C^4H^6O^2 + 2C^2O^4.$$

« Enfin l'alcool par oxydation peut donner un peu d'acide acétique,

$$C^4H^6O^2 + O^4 = H^2O^2 + C^4H^4O^4.$$

« La levure spéciale à cette fermentation serait, d'après M. Engel, le *Saccharomyces minor*.

« Cette théorie, assez généralement admise, n'est nullement en accord avec les faits observés.

« Le dédoublement de l'amidon par la céréaline ou les diverses diastases que M. Duclaux réunit sous le nom d'*amylase* ne peut s'effectuer que sur l'amidon, modifié par la chaleur, et c'est, en effet, sur l'empois d'amidon ou sur l'amidon chauffé que tous les expérimentateurs ont opéré soit dans leurs laboratoires, soit dans l'industrie. L'amidon cru est inattaqué par l'amylase, et le premier terme de la transformation est impossible.

« Le dernier n'est pas plus admissible, puisque la présence de l'alcool n'a jamais été démontrée, bien que de nombreux expérimentateurs aient procédé à sa recherche (M. Duclaux, dans sa microbiologie, admettant la transformation de l'amidon, nie absolument la production de l'alcool).

« Si l'on veut bien maintenant remarquer que des deux principaux corps qui composent la farine : l'amidon et le gluten, le second est directement fermentescible, et que cette propriété est depuis longtemps utilisée dans les amidonneries, où la putréfaction du gluten n'amène nullement la destruction de l'amidon cru, on comprendra l'erreur qui a été commise en considérant l'amidon comme matière fermentescible dans le pain, et en négligeant le gluten.

« Enfin, M. Scheurer-Kestner, dans un Mémoire publié en 1880, a montré que de la viande introduite dans la pâte en fermentation était digérée; il admit alors

qu'un ferment digestif était produit dans la fermentation panaire, mais il ne chercha pas l'agent de cette digestion et n'en tira aucune conclusion touchant la fermentation même de la pâte.

« Ces considérations nous paraissent s'accorder difficilement avec la théorie actuelle de la panification; voici, en outre, quelques expériences personnelles qui la réfutent et servent de point de départ à l'établissement d'une théorie nouvelle.

« Les résultats de nos expériences, disons-le tout d'abord, n'ont rien de commun avec ceux qu'on pourrait déduire d'expériences faites sur la pâte de fabrication anglaise, car dans ce pays, ainsi que nous l'apprend M. Graham, il est d'usage d'ajouter à la pâte une levure spéciale appelée *fruit*, obtenue en mélangeant de la fécule de pommes de terre modifiée par la chaleur avec de la levure de bière; il n'est pas étonnant que, dans ce cas, il y ait une fermentation alcoolique, puisqu'on en a réuni les éléments.

« Nous avons analysé les liquides filtrés provenant des macérations à froid avec : 1° de la farine; 2° de la pâte sur levain; 3° de la pâte sur levure; 4° du pain, au point de vue des matières amylacées, du sucre et des matières albuminoïdes Voici les résultats :

« A. Pas d'amidon soluble dans la farine et les deux pâtes, une grande quantité dans le pain.

« B. Une même quantité de sucre réducteur (0 gr. 90 comme glucose) pour 100 grammes, farine 160 grammes de chaque pâte, 140 grammes de pain. Ces trois quantités étant équivalentes, la matière sucrée existant normalement dans la farine n'a pas été décomposée.

« C. Dans la farine : de l'albumine coagulable par la chaleur et précipitable par l'acide nitrique et le ferrocyanure de potassium acétique.

« Dans les deux pâtes : pas d'albumine coagulable par la chaleur; des albuminoïdes précipités par l'acide nitrique et le ferrocyanure de potassium acétique; des peptones non précipitées par les réactifs ci-dessus précipités par le tannin.

(Les pâtes étaient prises au moment de la mise au four.)

« Dans le pain : pas de matières albuminoïdes, des peptones précipitées par le tannin, par le sublimé, etc.

« L'examen microscopique nous a démontré l'absence complète de tout *Saccharomyces* dans la pâte sur levain et la diminution progressive du nombre des cellules de *Saccharomyces cerevisiæ* introduites dans la pâte sur levure. Nous avons nettement vu, dans les deux cas, de nombreux microbes doués de mouvement, de longueur variable, tantôt isolés, tantôt par paires, que nous considérons comme des bactéries. Le développement de ces bactéries se fait très rapidement dans la pâte sur levure; nous avons pu les cultiver dans l'eau contenant de la levure en suspension, ce qui nous conduit à admettre que la levure de bière a pour effet de favoriser la prolifération de ces microbes.

« Enfin l'analyse du gaz dégagé dans cette fermentation a fixé à 70 pour 100 environ la proportion d'acide carbonique entrant dans sa composition, le reste étant un mélange d'hydrogène et d'azote; ce gaz offre donc une composition analogue à celle déjà signalée pour les produits gazeux de la putréfaction des matières albuminoïdes.

« De ces faits, nous tirons les conclusions suivantes :

« 1° La fermentation panaire ne consiste pas dans une hydratation de l'amidon, suivie d'une fermentation alcoolique.

« 2° Elle n'est pas déterminée par un *Saccharomyces*.

« 3° Elle consiste en une transformation d'une partie des albuminoïdes insolubles du gluten en albumines solubles d'abord, en peptones ensuite.

« 4° L'amidon n'est modifié que par la cuisson, qui forme de l'amidon soluble en grande quantité et un peu de dextrine, celle-ci se rencontrant surtout dans les parties les plus chauffées.

« 5° L'agent de la fermentation panaire est une bactérie qui se développe normalement dans la pâte, et la levure de bière ne fait qu'accélérer ce développement

« Nous nous proposons de compléter cette Note dans un prochain Mémoire. »

H. Fol. *Sur l'origine des cellules du follicule et de l'ovule chez les Ascidies et chez d'autres animaux.* — « Dans le cours de mes recherches sur la fécondation, j'eus l'occasion de faire incidemment la découverte d'un processus fort curieux de génération endogène des cellules du follicule ovarien des Ascidies dans l'intérieur de l'ovule et même à la surface de la vésicule germinative. Ces faits ont été signalés à l'attention des naturalistes dans mon Mémoire sur la fécondation et ont fait l'objet d'un article accompagné de quelques figures, publié en 1877 dans le *Journal de micrographie*. Depuis lors, je n'ai pas perdu de vue cet intéressant sujet; j'ai, au contraire, étendu mes recherches à des animaux appartenant à divers embranchements et chez lesquels on pouvait s'attendre à rencontrer des phénomènes analogues : c'est pour cette raison que je n'ai pas publié plus tôt mes résultats complets relatifs aux Ascidies. Ces résultats sont consignés dans un Mémoire accompagné de figures qui doit paraître à bref délai. En attendant, je me contente de résumer les points sur lesquels mes conclusions diffèrent de celles des auteurs les plus récents.

« Quoique signalés depuis assez longtemps, les processus en question ont peu attiré l'attention. M. Mac Murrich Playfair les admet sans les avoir vérifiés. M. Seeliger n'en a pas connaissance. M. Giard seul les nie, sans comprendre apparemment en quoi ils consistent. Tout récemment enfin, MM. Roule et Sabatier les ont revus et décrits. Je pense, comme M. Roule, que l'existence de la vésicule germinative ne saurait précéder celle du sarcode cellulaire, même chez les ovules les plus jeunes. Je n'ai vu aucune image qui pût autoriser une pareille supposition; les noyaux des jeunes ovules sont remarquablement grands, mais les cellules dont ils font partie sont fort bien délimitées. La formation endogène des cellules de l'enveloppe ne commence que chez des ovules dont le protoplasme a une épaisseur supérieure à la moitié du diamètre du noyau. Chez *Ciona intestinalis* et chez *Molgula impura*, cette production est graduelle, et il est facile d'en observer les diverses phases; tous les ovules, presque sans exception, qui se trouvent entre certaines limites de taille, renferment une, deux ou trois de ces cellules à divers points de développement. Chez *Ascidia mamillata*, le phénomène est condensé sur une période limitée, de façon que chaque préparation ne renferme qu'un petit nombre d'ovules où les cellules se produisent en masse. Ces ovules se reconnaissent à première vue par l'absence complète de leur nucléole : tandis que chez

Molgula et chez *Ciona* le nucléole ne disparait pas un instant. *Ascidia mentula* se rapproche de ce dernier type, avec certaines particularités propres, tandis que *Clavelina* et *Diazona* ressemblent à *Ascidia mamillata*.

« On obtient d'excellentes préparations en dilacérant, dans de la glycérine, des ovaires durcis par les diverses méthodes connues, avec ou sans coloration préalable. Les tranches minces, qu'il est si facile de faire, donnent aussi certains renseignements; mais aucune image ne vaut celle que fournit un ovaire frais soigneusement dilacéré dans le liquide sanguin de l'animal et examiné immédiatement, encore vivant, sous un objectif à immersion homogène, à la lumière fournie par un concentrateur d'Abbe. Ces images, d'une limpidité parfaite, nous donnent la certitude que celles qui se voient après l'action des réactifs ne sont pas trompeuses.

« Chez *Ciona intestinalis*, la production endogène commence par un épaississement local de l'enveloppe nucléaire avec extraflexion de la partie épaissie. Le nucléole se trouve généralement dans le voisinage immédiat de ce petit diverticule et semble céder un petit fragment de sa substance qui se placerait au fond de la cavité du diverticule. Ensuite le nucléole se transporte dans une autre région du noyau, et le diverticule devient un bourgeon solide, qui croît rapidement sans perdre sa connexion avec l'enveloppe du noyau; le pédoncule, toujours plus étroit, qui le relie à cette membrane, ne se divise que lorsque la grosseur définitive est atteinte, et le corpuscule ainsi formé se met à traverser le vitellus pour en sortir. Les premières cellules qui sont sorties s'arrangent en une couche mince et continue de cellules très aplaties, munies chacune d'un très petit noyau : c'est l'enveloppe folliculaire. Les cellules suivantes sont plus épaisses et forment une seconde couche en dedans de la première : c'est l'enveloppe papillaire. Enfin l'ovule, dont le vitellus commence à se charger de granules lécithiques, produit une troisième génération endogène; mais, cette fois-ci, ce ne sont plus de véritables cellules, formées avec participation de la vésicule germinative : ce ne sont que des globules homogènes qui prennent naissance à peu près au milieu de l'épaisseur de la couche vitelline pour se porter ensuite à la surface : ce sont les corpuscules du testa. Est-il nécessaire, après cela, de réfuter encore cette opinion ancienne, rééditée par M. Giard, d'après laquelle ces corpuscules du testa descendraient de cellules qui pénétreraient du dehors dans le vitellus, pour en ressortir sous cette forme?

« Chez *Ascidia mamillata*, le bourgeonnement de l'enveloppe nucléaire a lieu simultanément en une foule de points, et il est tout au moins admissible que la substance de la tache germinative dispersée participe à la formation de ces bourgeons. Ces cellules se placent aussi suivant deux couches concentriques : les enveloppes folliculaire et papillaire de l'œuf. Chez beaucoup d'Ascidiens, ces deux enveloppes m'ont paru confondues en une seule, ce qui n'a rien d'étonnant, puisque toutes deux ont même origine. Mes résultats concordent donc avec ceux de M. Roule sur plusieurs points importants. Il serait difficile de les comparer avec ceux de M. Sabatier, puisque cet auteur ne nous a donné qu'un aperçu trop bref de son travail, n'insistant, quant à la formation endogène des cellules du follicule, que sur des points déjà connus.

« Je pense que ces cellules folliculaires sont génétiquement les strictes homologues des spermatoblastes ou cellules mères des zoospermes, tandis que l'ovule lui-même correspond au polyblaste, auquel M. Duval donne avec raison le nom d'*ovule mâle*.

« Les phénomènes que je viens de décrire se retrouvent chez une foule de Tuniciers. Je crois en outre avoir retrouvé des processus analogues chez divers Vertébrés inférieurs et même supérieurs. Il s'agirait donc d'un fait d'une portée générale. On sait en effet que MM. Gœtte, Balbiani, Nussbaum, Schulin et tant d'autres ont rencontré des corps cellulaires ou nucléaires dans les ovules jeunes de Vertébrés très divers. Ces corps, trouvés à moitié chemin entre la vésicule germinative et la surface, ont été invariablement considérés comme étant en train de s'enfoncer dans le vitellus, pour être absorbés ou se réunir à son noyau. Mon interprétation de ces images est toute différente; mais c'est un sujet qu'il serait inutile d'aborder sans apporter les preuves à l'appui de mes vues théoriques. J'espère que j'aurai l'honneur de les exposer à l'Académie dans une autre occasion. »

J. Charryre. *Sur la formation des cystolithes et leur résorption.* — « J'ai donné, dans une Note récente, le résultat de mes recherches sur le développement des cystolithes; je viens aujourd'hui faire connaître quelques points qu'il m'a été possible de mettre en lumière, touchant leur formation dans des semis placés sur des sols différents, et la façon dont ils se comportent dans des feuilles étiolées.

« Voici les résultats d'une première série d'expériences faites sur des graines d'*Urtica*, *Cannabis*, *Acanthus*, *Thumbergia*, etc.

« 1° Les réserves alimentaires des graines d'Urticées et d'Acanthacées sont uniquement formées de grains d'aleurone, possédant chacun un globoïde arrondi. Il faut excepter les Acanthes et l'*Hexacentris coccinea* Nees., plantes dépourvues de cystolithes et dans les graines desquelles les réserves sont, en majeure partie, formées d'amidon.

« 2° Les globoïdes, qui forment les réserves calcaires de la graine, disparaissent plus complètement lorsque la germination a eu lieu sur de la silice pure que sur la terre ordinaire ou sur du carbonate de chaux. Cependant ces réserves ne contribuent pas à la formation des cistolithes, ou de tous autres dépôts de carbonate de chaux; elles ne sont pas utilisées non plus pour la formation des cristaux d'oxalate de chaux, qui n'apparaissent que plus tard.

« 3° Sur de la cilice pure, le pédicule seul des cystolithes arrive à se constituer, mais son extrémité libre ne devient jamais le siège d'une accumulation de cellulose et d'un dépôt de matière calcaire.

« 4° Sur de la terre ordinaire, du carbonate de chaux ou du sulfate de chaux, l'apparition des rudiments cystolithiques a lieu plus tôt que dans le cas précédent, dès que les cotylédons verts se sont dégagés des enveloppes séminales. Ils ne s'arrêtent pas dans leur évolution, mais atteignent, avec des rapidités différentes, leur entier développement.

« 5° Des graines semées sur la terre et maintenues à l'obscurité ont donné des plantules pourvues seulement de rudiments cystolithiques, sans carbonate de chaux.

« La seconde série d'expériences a été déterminée par un certain nombre de faits d'observation, dont il convient de rapporter les principaux : des feuilles étiolées de diverses Urticacées, comparées aux feuilles vertes, présentaient des cystolithes pourvus d'une bien moindre quantité de carbonate de chaux; il en est de même pour les poils calcaires de nombreuses Borraginées; chez ces dernières, en outre, les formations calcaires du calice deviennent plus pauvres en chaux, à mesure que la fleur se développe; à l'épanouissement, la matière calcaire a totalement disparu. Enfin les formations calcaires sont absentes dans les parties dépourvues de chlorophylle. Aucun de ces phénomènes ne se présente chez les Acanthacées et les *Pilea*..

« Il fallait donc étudier l'influence de l'étiolement ou de la mort de la feuille sur les cystolithes. Les résultats obtenus, en soumettant à l'obscurité des pieds divers d'Urticinées et d'Acanthacées, sont les suivants :

« 1° Chez les Acanthacées, l'étiolement et la mort des feuilles n'exercent aucune influence sur les cystolithes qui paraissent inertes.

« 2° Chez les Urticinées (mes expériences ont porté surtout sur le *Ficus elastica* Roxb.), il y a, après quinze jours environ, disparition *complète* du carbonate de chaux des cystolithes; ce phénomène est lié moins à l'étiolement de la feuille qu'à la cessation de la fonction chlorophyllienne, puisqu'il se produit même dans les feuilles qui n'ont pas eu le temps de s'étioler et qui sont demeurées vertes à l'obscurité. Lorsque la plante était ensuite placée à la lumière, les cystolithes se reconstituaient au bout d'un mois et demi ou deux.

« 3° Le carbonate de chaux disparu n'est pas transformé, au moins définitivement, en bicarbonate soluble, car ce sel ne se montre ni dans la feuille ni dans la tige.

« 4° L'oxalate de chaux subit le même sort que le carbonate. En comptant les macles contenues dans une coupe de surface donnée (procédé fort peu exact sans doute, mais qu'il est difficile de remplacer par un autre plus précis et qui m'a toujours donné des résultats concordants), on constate que, pour une plante soumise quinze jours à l'obscurité, la tige contient à peine 20 pour 100 et la feuille 15 pour 100 du nombre de cristaux que l'on trouve dans les parties d'une plante laissée à la lumière.

« 5° En traitant par l'acide sulfurique deux coupes de tige, prises l'une sur une plante étiolée, l'autre sur une plante normale, on voit se former des cristaux de sulfate de chaux plus abondants dans la première que dans la seconde, d'où il semblerait résulter que la chaux disparue du limbe foliaire est venue dans la tige se combiner à un nouvel acide. Ce dernier doit être, au moins pour une partie, l'acide pectique, car l'acide carbonique qui décompose le pectate de chaux pour laisser l'acide pectique à l'état insoluble donne un résidu plus abondant avec une coupe de tige étiolée qu'avec une coupe de tige normale. »

Séance du 4 juin 1883.

A. FAUVEL. *Des acquisitions scientifiques récentes concernant l'étiologie et la prophylaxie du choléra.* — « L'auteur commence par confirmer la Communication

qu'il a faite l'année dernière *Sur les quarantaines à Suez*, en apportant de nouveaux faits à l'appui de l'efficacité des mesures prophylactiques contre l'importation du choléra en Europe.

« Deux faits nouveaux sont venus, en 1882, confirmer cette efficacité.

« Le premier est relatif à l'importation en Égypte de troupes indiennes, pour prendre part à l'expédition anglaise.

« Il y avait d'autant plus à craindre que ces troupes n'apportassent le choléra avec elles, que les autorités anglaises de l'Inde soutenaient, malgré ce que nous avait appris l'expérience que l'importation n'était pas à redouter quand le choléra ne régnait pas à l'état épidémique dans les foyers d'endémie.

« Heureusement qu'en présence d'un intérêt aussi important que celui d'éviter l'introduction du choléra en Égypte, au moment de son expédition, le gouvernement anglais n'hésita pas à ne tenir aucun compte de la doctrine imaginée dans l'Inde, en vue d'un intérêt purement commercial, et à appliquer à ses troupes les mesures prophylactiques les plus sévères, grâce auxquelles elles arrivèrent en Égypte entièrement exemptes de choléra. L'armée anglaise et l'Égypte furent ainsi entièrement préservées de cette maladie.

« Le second fait fut la contre-partie du premier. Peu de semaines après, un navire chargé de pèlerins, parti de Bombay, eut le choléra à bord dans son trajet jusqu'à Aden. Envoyé en quarantaine dans une île de la mer Rouge, le choléra y prit les proportions d'une épidémie ; d'autres navires de même provenance se rendirent directement à Djeddah, y débarquèrent leurs passagers, et bientôt le choléra éclata parmi les pèlerins au moment de leur agglomération pour les fêtes du Courban-Bairam.

« L'application immédiate des mesures de quarantaine, pratiquées l'année précédente, aux pèlerins revenant par mer en Égypte, eut le même succès. Le choléra s'éteignit rapidement parmi eux, et l'Égypte fut entièrement préservée.

« Ces faits sont très significatifs, et le premier montre combien le gouvernement anglais fait peu de cas de la doctrine commerciale indienne, quand il a un intérêt majeur à n'en pas tenir compte.

« *Les acquisitions scientifiques récentes concernant l'étiologie et la prophylaxie du choléra* portent à peu près exclusivement sur certaines questions d'immunité que les conférences de Constantinople et de Vienne avaient indiquées sans pouvoir les résoudre.

« Trois grands faits ressortent des recherches de l'auteur à ce sujet :

« 1° L'*immunité générale* dont jouissent les *natifs* dans les ports de l'Inde où le choléra est endémique.

« 2° L'*immunité relative* observée parmi les populations du Hedjaz quand le choléra y règne parmi les pèlerins.

3° L'*immunité temporaire* et plus ou moins complète qui suit en tout pays une épidémie de choléra dans une localité quelconque.

« A ces trois faits principaux se rattachent des conséquences secondaires dont la plus importante est qu'une épidémie grave de choléra ne se développe que là où la maladie n'est pas endémique et en devient en quelque sorte le *critérium*.

« L'auteur expose les faits à l'appui de chacune de ces propositions.

« L'*immunité générale*, mais non absolue, des natifs dans les foyers endémiques de choléra, est prouvée par les statistiques anglaises, publiées dans un tout autre but; tandis que la disposition des étrangers à contracter la maladie est en raison de leurs souffrances et de leur misère physiologique. Tel est le cas des pèlerins de la Mecque qui viennent de toutes les parties de l'Inde s'embarquer à Bombay.

« Cette loi, applicable au choléra, l'est également aux foyers permanents de *fièvre jaune*, dans lesquels les natifs échappent presque entièrement à la maladie, qui, au contraire, fait de nombreuses victimes parmi les étrangers non acclimatés et parmi les équipages des navires qui font escale dans les ports où existe l'endémie.

« De ces foyers de fièvre jaune comme pour le choléra, la maladie peut se propager au loin sous forme d'épidémies graves. Les faits de ce genre abondent. Il est probable que la même loi est applicable aux foyers de *peste* qui ont leur siège en Perse.

« Dans nos pays, la *fièvre typhoïde* ou dothiénentérie semble se rattacher à la même loi. A Paris par exemple, où elle est endémique, les Parisiens natifs échappent généralement à la maladie, tandis que les étrangers en sont les principales victimes.

« Le second fait est mis hors de doute par des exemples tirés des épidémies qui ont régné dans le Hedjaz, où d'ailleurs le choléra n'est pas endémique, mais d'où, par les pèlerins, il peut se propager au dehors sous forme d'épidémies désastreuses.

« Quant au troisième fait, à l'*immunité temporaire* qui succède toujours à une épidémie de choléra dans une localité quelconque, il avait été entrevu par l'auteur dès la guerre de Crimée, et il cite à ce sujet des exemples caractéristiques.

« En Europe, bien que cette immunité soit évidente, il est impossible d'en déterminer la durée. Dans les pays extra-européens, où les populations sont moins mobiles, dans l'Inde par exemple, on peut, d'après les documents anglais, assigner à cette immunité une durée de six à dix ans, dans les parties de l'Inde où le choléra n'est point endémique.

« Comme conséquence de cette loi, on peut craindre que l'Europe, débarrassée entièrement du choléra depuis 1873, ne soit plus dès à présent protégée par l'immunité dont il est question; à plus forte raison, l'Égypte, qui n'a pas eu le choléra depuis 1865, ne jouit-elle plus de ce privilège.

« D'où la nécessité de redoubler d'efforts pour éviter l'invasion de la maladie.

« Et cependant nous sommes peut-être à la veille de voir nos mesures préservatrices supprimées sous l'influence des intérêts commerciaux anglais, aujourd'hui prépotents en Égypte.

« Les considérations à l'appui des faits exposés dans le Mémoire peuvent être résumées dans les propositions suivantes :

« 1° Les ports de l'Inde où le choléra est *endémique* ne sont jamais le théâtre d'une grande épidémie.

« 2° Ce fait tient à l'*immunité* générale dont jouit la population *native* de ces ports.

« 3° Cette immunité n'existe pas dans les foyers endémiques pour les étrangers

à la localité, qui sont dans les conditions d'aptitude à contracter le choléra. Tels sont en particulier les pèlerins musulmans qui viennent s'embarquer à Bombay pour se rendre à la Mecque.

« 4° Les épidémies de choléra qui se développent dans les régions de l'Inde où la maladie n'est pas endémique proviennent des foyers d'endémie et sont favorisées par les pèlerinages hindous.

« 5° Les épidémies observées parmi les pèlerins de la Mecque ont pour point de départ les foyers endémiques de choléra.

« 6° Une épidémie grave de choléra confère au pays ou à la localité qui en a été le théâtre une *immunité* plus ou moins complète et plus ou moins durable, dont il est impossible de formuler la *loi* pour l'Europe, mais qui, dans l'Inde, paraît avoir une durée de plusieurs années.

« 7° Dans le Hedjaz, et en général dans les régions peu peuplées de l'Arabie, le choléra n'a qu'une faible tendance à se propager parmi la population autochtone.

« 8° Le fait d'une grande épidémie de choléra dans un pays quelconque est une preuve que le choléra n'y est point endémique.

« 9° La plupart des propositions exposées plus haut sont applicables à la *fièvre jaune* et probablement aussi à la *peste*.

« 10° Tout porte à comprendre dans cette même catégorie la fièvre typhoïde, autrement dit la *dothiénentérie*.

« En somme, les faits nouvellement acquis à la science se rapportent à des questions d'*immunité* et les éclairent par un côté jusqu'ici méconnu. L'étiologie et la prophylaxie du choléra en particulier peuvent y puiser des indications nouvelles.

« Ces règles d'ailleurs paraissent être l'expression d'une *loi qui embrasse toute une catégorie particulière de maladies pestilentielles, dues à un contage et laissant après elles une immunité plus ou moins durable.*

« Plusieurs de ces propositions pourront être contestées; mais, comme elles s'appuient sur des faits irrécusables, l'auteur a la ferme confiance que l'avenir les ratifiera. »

Dareste. *Sur la viabilité des embryons monstrueux de l'espèce de la poule.* — « J'ai mis en incubation, le 8 mai, des œufs préalablement secoués à l'aide de la tapoteuse[1]. Dans un de ces œufs, ouvert le 1er juin, c'est-à-dire vingt-quatre jours après le début de l'opération, j'ai trouvé un embryon monstrueux qui était arrivé vivant au terme de l'incubation, mais qui n'avait pu briser la coquille. Il avait péri le vingtième jour, avant l'établissement de la respiration pulmonaire et la pénétration du jaune dans la cavité abdominale.

« Ce monstre est un *hyperencéphale*. L'encéphale, considérablement hypertrophié, est revêtu d'une membrane transparente qui se continue immédiatement avec la peau et semble, par conséquent, complètement situé en dehors du crâne. Les yeux manquent. La mâchoire supérieure est rudimentaire, tandis que la mâchoire inférieure a ses dimensions normales.

« Les hyperencéphalies et, d'une manière plus générale, toutes les monstruo-

1. Voir dans les *Comptes rendus* (séance du 19 février 1883) une Note que j'ai publiée sous ce titre : *Recherches sur la production des monstruosités par les secousses imprimées aux œufs de poule.*

sités que l'on désigne très improprement sous le nom de *hernies du cerveau*, et plus exactement sous le nom d'*exencéphalies*, se sont présentées très fréquemment dans mes expériences sur la production des anomalies. J'ai montré, depuis longtemps, qu'elles résultent de la compression totale ou partielle de l'encéphale, par la coquille de l'œuf lorsque l'amnios fait défaut, ou par l'amnios arrêté dans son développement. Je ne reviendrai point sur ces faits, que j'ai fait connaître en détail dans plusieurs publications.

« Aujourd'hui, je me borne à signaler un fait : c'est que le monstre en question avait vécu jusqu'à l'époque de l'éclosion, et que, s'il n'a pu éclore, c'est que l'état imparfait du bec ne lui a point permis de percer la chambre à air. Ce fait est d'autant plus remarquable que les embryons monstrueux, dans l'espèce de la poule et, selon toute apparence, dans toute la classe des oiseaux, périssent plus ou moins rapidement, mais le plus ordinairement, dans une période de l'incubation très éloignée de l'éclosion.

« J'ai fait connaître les causes de cette mort précoce.

« Dans les premiers temps de la vie embryonnaire, l'embryon monstrueux périt par le fait d'une anémie particulière dont j'ai découvert le mécanisme. Lorsqu'un arrêt de développement frappe les îles de Wolff, les globules du sang qui se sont produits dans leurs cavités ne peuvent pénétrer dans l'appareil circulatoire. Le sang, privé de globules, détermine plus ou moins rapidement l'œdème des tissus embryonnaires et, par suite, leur désorganisation.

« Plus tard, l'embryon monstrueux périt par asphyxie. Cette asphyxie résulte d'un arrêt de développement de l'allantoïde, qui résulte lui-même d'un arrêt de développement de l'amnios. La permanence du pédicule amniotique, c'est-à-dire de la continuité de l'amnios avec l'enveloppe séreuse, forme une barrière qui s'oppose au développement complet de l'allantoïde. Cet organe, qui ne peut alors s'étendre que sur une partie restreinte de la surface interne de la coquille, ne suffit plus, à un certain âge, pour alimenter la respiration de l'embryon : de là l'asphyxie.

« Ainsi donc, un arrêt de développement de l'amnios détermine un arrêt de développement de l'allantoïde, et par suite l'asphyxie de l'embryon. Mais, d'autre part, l'arrêt de développement de l'amnios est la cause principale des exencéphalies, et, d'une manière plus générale, de presque toutes les monstruosités simples. C'est donc la même cause qui, le plus ordinairement, produit un embryon monstrueux, et la condition anatomique qui amènera son asphyxie.

Mais cette association de la modification tératologique de l'embryon avec la modification de l'allantoïde qui doit le faire périr, bien que très fréquente, n'est pas cependant nécessaire. J'ai indiqué depuis longtemps que ces deux faits devaient pouvoir se produire isolément. Mes prévisions à ce sujet ont été complètement justifiées. J'ai observé plusieurs fois des embryons parfaitement normaux, qui avaient péri par asphyxie par suite d'un arrêt de développement de l'allantoïde. Le fait qui a servi de point de départ à la Note actuelle nous montre un embryon monstrueux avec un développement complet de l'allantoïde. C'est le premier de ce genre que j'ai rencontré dans mes expériences. Il prouve que, même chez les oiseaux, les embryons monstrueux peuvent, très exceptionnellement il est vrai,

atteindre l'époque de l'éclosion. Cela dépend de la disparition du pédicule de l'amnios. »

HERMANN FOL et ST. WARYNSKI. *Sur la production artificielle de l'inversion viscérale ou hétérotaxie chez les embryons de poulet.* — « L'analyse des facteurs qui concourent à la production des phénomènes embryogéniques peut être abordée de deux côtés différents : par l'observation du développement des divers espèces animales comparées entre elles et par l'expérimentation. C'est dans la première catégorie que nous sommes portés à classer les essais que l'on a tentés pour modifier le cours normal du développement, en soumettant les œufs ou les larves à certaines influences physiques générales. En procédant ainsi, on ne parvient pas à démêler le mode d'action de l'agent modificateur ni l'enchaînement de son action avec la déviation qui en résulte.

« C'est pour éviter ces graves inconvénients de la méthode d'observation que nous avons entrepris une longue série d'expériences directes sur des embryons de poulet. Valentin et Leuckart sont les seuls, à notre connaissance, qui soient entrés dans cette voie avant nous, et les résultats obtenus n'ont pas été de nature à engager d'autres chercheurs à les suivre. Nous sommes parvenus à surmonter les difficultés d'ordre pratique et à continuer pendant plusieurs jours l'incubation d'embryons de poulet après les avoir soumis à une lésion chirurgicale parfaitement déterminée. Notre manuel opératoire le plus habituel a consisté à trépaner la coquille d'un œuf déjà couvé pendant un, deux ou plusieurs jours, à produire une lésion parfaitement déterminée à l'aide du thermocautère et à continuer l'incubation pendant un temps plus ou moins long, après avoir naturellement refermé la coquille avec le plus grand soin. Pour les détails des précautions à prendre, nous renvoyons au Mémoire complet qui est en voie de publication.

« Parmi les questions que notre méthode nous a permis de résoudre, l'une des plus intéressantes, sans contredit, est celle de l'origine du renversement de position de ceux des organes qui s'écartent de la symétrie bilatérale. M. Dareste est le seul, à notre connaissance, qui se soit attaqué avant nous à ce problème. Ce tératologiste distingué considère, comme fait initial de lhétérotaxie, le changement de position de l'anse cardiaque qui fait saillie au delà du bord de l'embryon du côté gauche, au lieu de ressortir du côté droit; mais il ne va pas jusqu'à prendre ce fait pour la cause première de la déviation. L'un de nous, jugeant par analogie avec les embryons enroulés des Mollusques, était tenté d'attribuer le défaut de symétrie, non pas à tel ou tel organe en particulier, ce qui n'aurait fait que reculer la difficulté, mais à une croissance des tissus plus rapide dans toute la moitié gauche du corps de l'embryon que dans la moitié droite. Pour vérifier cette hypothèse, nous ne pouvions pas accélérer l'activité formatrice des tissus du côté droit, mais nous pouvions ralentir celle du côté gauche; c'est ce que nous avons obtenu en soumettant l'aire embryonnaire de ce côté à une température élevée, quoique trop basse encore pour mortifier les tissus. Si l'on présente, pendant une minute ou deux, l'instrument incandescent dans le voisinage immédiat de la partie qu'il s'agit de modifier, mais sans la toucher en aucune façon, le résultat devient très frappant lorsque l'embryon est très avancé en âge. En opérant de la sorte sur la moitié gauche de l'air pellucide d'un embryon

de quarante-huit heures, et poussant ensuite l'incubation pendant deux ou trois jours, nous avons obtenu des embryons qui, sauf l'hétérotaxie, semblaient parfaitement normaux. L'embryon était couché sur son plan droit, et l'anse cardiaque se montrait à gauche. Néanmoins, l'étude anatomique de cet embryon, faite à l'aide des séries de coupes, nous apprit que l'hétérotaxie du cœur n'est que secondaire. Il n'est pas renversé, il n'est que déjeté. Pour obtenir le renversement véritable, non seulement du corps et du tube digestif, mais encore du cœur, il faut s'adresser à des embryons de moins de trente-six heures, et pousser l'action du cautère jusque sur les côtés de l'extrémité antérieure de l'embryon, de façon à atteindre la moitié gauche du blastème du cœur. Dans ces conditions, l'hétérotaxie est complète. Les résultats de cette expérience sont parfaitement nets et concluants, car, sur plus de cent embryons soumis aux lésions les plus diverses, aucun n'a présenté cette anomalie, à moins que la lésion ne fût précisément de nature à occasionner un ralentissement du développement du côté gauche.

« De tous ces faits, nous tirons la conclusion que le passage normal de la stricte symétrie primitive à l'asymétrie partielle du vertébré allantoïdien adulte doit être attribuée, non pas à la déviation de tel ou tel organe spécial, qui entraînerait un changement de position des autres parties, mais bien à une inégalité générale et très précoce de développement, à laquelle échappent seulement les systèmes d'organes qui conservent une symétrie parfaite pendant toute la durée de l'existence. »

Le propriétaire-gérant : O. DOIN.

Coulommiers. — Imp. P. BRODARD et Cie.

ESSAI SUR LA COMMUNION CHRÉTIENNE

—

LE DIEU DE NYSSA ET LE DIEU DE NAZARETH

Par METCHNIKOFF.

I

L'idée de se sanctifier en mangeant la chair de Dieu et en buvant son sang n'est nullement particulière au christianisme. L'homme, à une certaine période de sa croissance intellectuelle, sans distinction de races ni d'habitats, croit qu'il s'approprie les qualités de l'être ou de l'objet qui lui sert de nourriture. « En Australie, en Afrique, en Amérique, on s'imagine que, si l'on mange le cœur d'un ennemi courageux qu'on a réussi à vaincre, on fait passer en soi le courage dont il était animé et qu'on l'ajoute au sien propre [1]. » Sir John Lubbock mentionne un fait qui prouve que cette croyance est également répandue chez les Chinois de Canton [2]. Les Abipones de l'Amérique méridionale mangent du tigre pour devenir puissants et courageux [3]. Les Bassoutos avalent, sous forme de poudre dissoute dans l'eau, des lambeaux de chair enlevée aux cadavres de leurs ennemis vaincus, croyant s'assimiler ainsi les vertus guerrières des défunts et augmenter d'autant les leurs [4]; des pratiques analogues existent assez généralement chez les Hottentots [5]. Les Dayaks de Bornéo s'abstiennent de manger du cerf, de peur que cette nourriture ne les rende craintifs, et les Néo-Zélandais espèrent durcir le cœur de leurs enfants en leur faisant avaler des pierres. Enfin, M. H. Taine (dans ses belles recherches sur les origines du langage [6], si je ne me trompe) mentionne le cas d'une petite Parisienne engageant son frère à ne pas trop manger d'oie rôtie pour ne pas devenir bête comme cet oiseau...

J'aurais pu facilement multiplier ces exemples; mais ceux que je viens de citer et qui sont pris un peu au hasard, chez les peuples les

1. ALB. RÉVILLE, *Les religions des peuples non civilisés.*
2. *Prehistoric Times.*
3. ADOLF BASTIAN, *Ethnologische Forschungen*, t. II.
4. CAZALIS, *Les Bassoutos.*
5. GUST. FRITSCH, *Die Eingeborenen Süd Afrika's.*
6. *Revue philosophique*, 1re année, n° 1.

plus divers et dans toutes les parties du globe, suffisent, me semble-t-il, pour démontrer l'universalité de cette croyance. Or, puisque partout l'homme croyait qu'il « devenait ce qu'il mangeait », il n'était que naturel qu'il crût aussi qu'il se sanctifiait en mangeant de la substance divine.

Il est évident que ce procédé simple et facile de se sanctifier *manducando* ne peut être pratiqué directement, sans métaphore ni symbole, que lorsque nos conceptions religieuses ne dépassent pas le cercle étroit de la zoolâtrie. Ainsi, les Aïnos de l'île de Yézo ou du Hok'Kaïdo, dans le nord du Japon [1], se réunissent en agapes ou banquets religieux pour manger de l'ours, auquel les honneurs divins ont été préalablement prodigués, et qui est un des personnages les plus importants de leur panthéon. Il est probable que, dans ces régions froids et inhospitaliers, l'ours est adoré précisément parce qu'il fournit aux habitants une nourriture substantielle et succulente pendant une longue période de l'année. Aussi le caractère de sacrifice ou de communion ne se dégage t-il que vaguement de ces repas, et les intentions religieuses s'y confondent avec des considérations d'un ordre purement matériel. Mais ce vague et cette confusion ne se retrouvent-ils pas inévitablement au début de toute évolution religieuse? — Chez les Hébreux, que l'on nous représente comme le peuple le plus spiritualiste de la terre, aux temps du *Deutéronome* et des livres des *Rois*, tout repas était encore un sacrifice, et tout sacrifice était un repas [2].

Lorsque les divinités que l'on adore appartiennent à un ordre plus élevé ou plus abstrait, et lorsqu'elles ne peuvent plus être réparties par tranches saignantes entre les fidèles, ceux-ci ne renoncent pas nécessairement au suprême bonheur de s'assimiler la substance adorable par la manducation et la digestion; force leur est alors de recourir à quelques expédients qui, en partie minime, leur sont suggérés par la nature particulière de leurs croyances et de leurs habitudes, hiératiques ou profanes, dont la presque totalité est prise sur ce fonds de superstitions, commun à tous les peuples de la terre, sans distinction de race ni d'origine, de milieu ambiant ni de coloration de la peau.

Les aborigènes de la Floride, qui étaient des adorateurs du soleil, ne pouvaient guère manger leur dieu à la façon des Aïnos du Hok'-

1. Miss Bird, *Unbeaten tracks in Japan*; voyez aussi mon *Empire japonais*. (« Nous te tuons, ô ours! mais tu reviendras bientôt dans un homme! »)

2. J. Wellhausen, *Sacrifices et fêtes des Israélites*, dans la *Revue de l'histoire des religions* de M. Verne, t. II, nº 4 (juillet-août 1880). Nous verrons par la suite que les Hébreux n'ont jamais connu la communion par transsubstantiation.

Kaïdo; mais ils réussirent à se persuader que toute victime humaine qu'ils auraient consacrée à leur divinité, participait déjà de la sainte nature de l'astre lumineux. En mangeant la chair crue et en buvant le sang d'une telle victime, ils communiaient donc réellement et substantiellement, tout comme les chrétiens de nos jours. — M. Albert Réville, dans son récent ouvrage [1], nous apprend que chez les Araucaniens, nous voyons apparaître « l'idée qui jouera un rôle si tragique dans les religions du Mexique et du Pérou, d'après laquelle la victime qui va être immolée participe déjà de la nature et de la puissance de la divinité à qui elle est offerte et avec qui elle va s'identifier. » — Et, à la page 152 de ce même livre, le savant professeur du Collège de France signale chez les Cafres « la croyance qu'on s'unit positivement, substantiellement, à la divinité en s'assimilant des aliments qui font ou vont faire partie de la substance divine elle-même », c'est-à-dire en introduisant dans son propre corps les parties enlevées au corps d'une victime divinisée. Après avoir parlé du sacrifice majeur des Cafres, tel que le décrit le Dr G. Fritsch [2], l'auteur français nous fait observer que, chez eux, la victime est dépecée vivante, et qu'ils s'étudient tout particulièrement à ne l'achever qu'après l'accomplissement des rites, « comme si l'on voulait que son *esprit*, c'est-à-dire ce que la divinité absorbera avec la chair, soit encore adhérent aux parties enlevées à son corps vivant. »

Cette observation de M. Réville nous permet de deviner la raison mystique de certaines cruautés révoltantes qui accompagnent les repas anthropophages chez certains peuples, — tels que les Océaniens d'Arafi et de Foutouna [3], peut-être aussi les Battas de Sumatra [4], et tant d'autres encore, — qui, tout en dévorant des lambeaux de chair enlevée au corps de la victime, cherchent à retarder sa mort jusqu'aux dernières limites du possible. Elle jette aussi un certain jour nouveau sur ces sacrifices sanglants qui se célébraient jadis dans nos parages méditerranéens et auxquels se rapporte ce vers bien connu de Catulle

Pars e divolso raptabant membra juvenco [5].

L'idée dominante et les atroces détails de ces communions de chair humaine dont parle M. Réville, se retrouvent dans toute leur pureté

1. *Les religions des peuples non civilisés*.
2. Ouvrage cité.
3. Lettre du P. Chevron, *Annales de la propagation de la foi*, n° 86, janv. 1843.
4. Junghuhn, *Battaländer auf Sumatra*, t. II; aussi Waiz et Gerland, *Anthropologie der Naturvölker*.
5. *Epithalam. Pelei et Thetid.*

dans ces *omophagies* ou mangeries de chair crue, qui, au témoignage de Porphyre [1], se célébraient à Chio et à Ténédos, où l'on déchirait, membre par membre, — μελιστι, — une victime humaine dont on dévorait la chair encore palpitante. D'ailleurs, les indications plus directes [2] ne nous manquent pas sur ces orgies bachiques ou dionysiaques, et M. Décharme en apprécie bien le vrai caractère quand il dit que « c'était le corps du dieu dont se repaissaient symboliquement les initiés; c'était son sang dont ils s'abreuvaient dans ces banquets mystiques. Ils croyaient ainsi faire descendre en eux Dionysos et remplir leur âme de sa divinité : et c'était là un des rites de ce qu'on appelait la *vie orphique* ou la *vie bachique* (ὀρφικὸς βιος, βακχικος βιος) [3]. »

Certes, les croyances et les rites ne sont pas de tout point identiques chez les peuples qui viennent d'être mentionnés; mais, chez tous, nous pouvons distinguer clairement ce sentiment, qui domine chez les chrétiens pratiquant la communion, et que le chantre religieux des temps post-védiques exprime en ces termes : « Bonheur aux mortels qui participent à la nourriture céleste ; leurs fautes leur seront pardonnées et leurs souillures purifiées; la béatitude éternelle leur est réservée. » Identiques sont les procédés au moyen desquels on croit rendre comestible une divinité du cycle solaire, atmosphérique ou toute autre, qui, par sa nature même, ne semble guère accessible à la manducation pure et simple de ses adorateurs. Ce procédé se réduit à la supposition que l'hostie dûment consacrée s'identifie avec la personnalité divine à qui elle est offerte; que le prêtre crée en quelque sorte la divinité (*creatura creatorem creat*); que la divinité elle-même daigne se laisser immoler au salut de ses fidèles [4], et que le repas mystique n'est nullement symbolique, comme le serait un banquet commémoratif [5], mais que c'est la substance divine même qui y est positivement, matériellement dévorée.

On comprend facilement que, chez les peuples dont la foi ou l'imagination se paye de suppositions pareilles, la représentation que l'on se fait de la divinité aura beau s'élever dans les sphères les plus

1. *Abstinent.*, II, 55; IV, 366.

2. Firmic. Maternus, *De errore prof. relig.*, 55, 59. — Plutarque, *Décadence des oracles*, p. 14. — Ovide appelle *fœdus* le repas de chair humaine. — Euripide, la célèbre tragédie des *Bacchantes*, *passim*.

3. *Mythologie de la Grèce antique.*

4. L'Église menace de ses anathèmes quiconque oserait affirmer que le Dieu n'est que symboliquement mangé dans l'eucharistie.

5. C'est ainsi que la communion est interprétée par certaines sectes de libres penseurs, d'origine toute récente; mais ce n'est pas dans ses dernières dégénérescences qu'il faut considérer un mythe ou un rite dont on eut apprécier la valeur anthropologique ou historique.

inaccessibles du ciel ou dans les régions les plus abstraites de la spiritualité, la possibilité de se l'assimiler matériellement par la manducation, de communier en mangeant sa chair et en buvant son sang, restera à jamais acquise aux adorateurs.

II

Les exemples mentionnés démontrent que la communion, comme d'ailleurs tous les autres sacrifices, se confond à l'origine avec le repas, et que c'est plus particulièrement avec un banquet de chair humaine qu'elle a une tendance marquée à s'identifier. De tous les peuples dont il a été parlé au chapitre précédent, seuls les Aïnos — tribu misérable des régions hyperboréens — se contentent de manger leur dieu sous l'espèce d'ours; mais les Araucaniens et les indigènes de la Floride, qui dans leur sauvagerie relative ont considérablement dépassé le niveau des Aïnos actuels, et, à plus forte raison, les Péruviens et les Mexicains, les bachiques et les orphéothélestes de la Grèce antique, ainsi que plusieurs autres adorateurs du Dieu-Soleil, qui vivent ou qui ont vécu au sein des civilisations raffinées, réservent le dangereux honneur de figurer la divinité dans ces mangeries sacrées à des enfants sans tache, à des « vierges n'ayant pas touché la couche d'un homme [1] » ou, pour le moins, à des prisonniers de guerre ou aux criminels.

Depuis plusieurs années, des anthropologistes distingués [2] ont mis en évidence les liens intimes qui rattachent partout l'anthropophagie aux croyances et aux pratiques superstitieuses et religieuses. Il est constant qu'on ne rencontre point de cannibales parmi ces peuplades arriérées, qui vivent généralement dans une grande misère et chez lesquelles on distingue à peine quelques rudiments d'une religion à venir.

Je ne puis cependant pas partager sans réserve l'opinion si savamment exposée par M. Ch. Vogt au congrès d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques, à Bologne, en 1871; à savoir : que l'anthropophagie doit exclusivement ses origines à l'instinct religieux. Je ne crois pas que la religion ait jamais été autre chose qu'une image fidèle de la vie réelle reflétée dans la mare des intelligences engourdies et des imaginations affolées. Il me paraît inadmissible que l'homme ait songé à offrir à ses dieux de la chair humaine s'il ne la considérait

1. Pausan., II, 24.
2. Ch. Vogt; H. Schaafhausen (*Archiv. für Anthropologie*, Bd. IV, 1870).

pas comme la plus délicieuse des nourritures. Il ne faisait qu'exprimer en langage hiératique cette sensation de triomphe, de bien-être et de vigueur qui s'emparait de lui après qu'il s'était repu du cadavre de l'ennemi vaincu, lorsqu'il disait que la divinité entrait en lui à la suite de ces repas [1]. L'idée de sacrifice ou de communion comme de quelque chose essentiellement distinct d'un repas matériel ou profane n'a pu se dégager de cet ensemble confus que par une longue évolution, dont il nous est facile de reconstituer aujourd'hui les phases ou les étapes principales, grâce aux récents progrès de l'histoire générale de la civilisation et de l'ethnologie descriptive.

Chez les peuples qui ne restent pas stationnaires, le moment arrive infailliblement où la difficulté que l'on a de se procurer le nombre suffisant de victimes, le raffinement relatif des mœurs résultant du vaste ensemble des progrès économiques et sociaux, amènent le dégoût de la chair humaine. La religion, loin de provoquer ce progrès (comme on l'a si souvent prétendu), s'y oppose au contraire de tout son ascendant, et ce n'est qu'à son corps défendant qu'elle sera amenée, à la longue, à le subir. Lorsque l'homme renonce à se nourrir de chair humaine, le croyant en lui reste, pour longtemps encore, attaché au cannibalisme du passé, s'il y attachait une idée de communion. Disparue comme mœurs, comme repas profane, l'anthropophagie ne persistera plus qu'à titre de rite sacré; et c'est à cette époque que se manifestera une divergence essentielle entre les peuples qui pratiquent la communion par transsubstantiation et ceux qui ne l'ont point connue.

Les Floridiens et les Araucaniens, dont il a été question, n'ont pas encore atteint ce premier âge critique de l'anthropophagie, et leurs communions sont encore des repas; mais les Bassoutos l'ont considérablement dépassé. Non seulement ils ne songent plus à se nourrir de la chair humaine divinisée par les hiérophantes, mais ils ne peuvent même plus en avaler sans répulsion ce minimum qu'ils jugent nécessaire pour le salut de leurs âmes : ils la réduisent en poudre qu'ils dissolvent dans leur boisson, comme s'il s'agissait d'une drogue dégoûtante, mais salutaire [2]. — De même les Péruviens, qui vivaient au milieu d'une civilisation des plus avancées, se contentaient de mêler un peu de sang d'une victime humaine à leur *cancus* ou gâteaux qui servaient aux communions, lors de leur fête printanière *Citua raymi ;* au temps de la conquête espagnole, ils ne mangeaient même

1. Chez plusieurs sauvages qui ne pratiquent plus l'anthropophagie, la chair humaine a encore conservé le nom de *nourriture des dieux.* — Lettre du P. Chevron, *ubi supra.*
2. Cazalis, ouvrage cité.

plus de ces gâteaux, mais ils s'en assimilaient la divine substance en s'en frottant les diverses parties du corps [1]. Les Mexicains, moins dégoûtés que leurs voisins méridionaux, faisaient manger par les prêtres, au nom et pour le salut de toute la communauté, la victime humaine qu'ils offraient à un de leurs Flaloks, l'époux de la *Dame Verte*, et dont le cœur était réservé exclusivement au dieu même; mais, dans les sacrifices au dieu Huitzilopochtli, à la fête commémorative de sa mort, qui se célébrait le 25 décembre, au solstice d'hiver, ils mangeaient eux-mêmes, avec une componction toute particulière, des miettes d'une statue en grains de diverses qualités, pétrie de sang humain.

Plus tard viendra un temps où les mœurs et les lois civiles s'insurgeront contre toute immolation de victimes humaines. L'histoire de tous les peuples avancés en civilisation a conservé de nombreuses réminiscences de luttes acharnées, de subterfuges — ingénieux parfois, souvent grotesques — au moyen desquels l'humanité a réussi à s'affranchir plus ou moins complètement de l'impôt odieux qu'exigeaient d'elle ses dieux, en leur faisant accepter, en guise d'hosties humaines, des figures en pain d'épice, des gâteaux au miel, des têtes de poissons, de pavot, d'oignon, etc., mais plus généralement des animaux domestiques, taureaux, génisses, moutons et autres, qui servaient de préférence à l'alimentation des adorateurs eux-mêmes [3]. Pour mieux accentuer que l'animal offert n'était qu'un remplaçant d'une victime plus noble, on imprimait sur ses cornes la figure d'un homme agenouillé, comme l'Eglise fait imprimer l'image de l'agneau sur ses hosties. Ailleurs (à Ténédos), on mettait des cothurnes roses de vierge ou de fiancée à une génisse que l'on menait au sacrifice, et, tandis que la pauvre bête expirait au pied de l'autel, on prodiguait à la vache sa mère des soins comme à une femme nouvellement accouchée [4].

Mais les dieux sont bien plus récalcitrants au progrès que les hommes. De longs siècles n'ont pas toujours suffi pour les déshabituer de leur anthropophagie primitive et pour les astreindre définitivement à un régime nouveau, qui leur était imposé par le changement des conditions économiques et par l'adoucissement des mœurs d'ici-bas. Pour ne citer que peu d'exemples des mieux connus : en

1. GIRARD DE RIALLE, *Mythologie comparée.*
2. GIRARD DE RIALLE, ouvrage cité.
3. J'ai rassemblé dans mon cours sur *Les diables et les diableries à travers les âges* de nombreux exemples de ces transformations progressives des sacrifices humains chez différents peuples. — V. *La science politique* de M. EMILE ACCOLAS, 1879.
4. *Izetzer in Lycophr.*, 229.

Egypte, le divin Osiris, aux temps préhistoriques, est censé avoir détourné les hommes du cannibalisme; mais ce fut Amasis qui, après l'expulsion des Hycsos, fit les premières tentatives afin de déshabituer les dieux de la vallée du Nil des sacrifices humains. Cependant, en dépit de ses prescriptions et malgré tous les efforts des conquérants persans, les Egyptiens ne s'étaient pas encore complètement déshabitués de l'anthropophagie religieuse aux temps de Juvénal.

Parmi les exploits les plus glorieux d'Hercule, nous voyons aussi figurer l'abolition de l'anthropophagie en Italie; mais, beaucoup plus tard, Numa Pompilius dut encore disputer à outrance avec Jupiter au sujet de victimes humaines que lui réclamait ce monstre divin. Numa eut le dessus ; mais, au commencement du Ier siècle avant l'ère vulgaire, Pline exaltait encore un nouveau décret du sénat [1], qui proscrivait les sacrifices humains et « qui mettait une fin à ces monstruosités des gens qui tenaient pour un acte de haute religiosité de tuer un homme et qui se croyaient sauvés en dévorant sa chair » [2]. Et nous savons néanmoins qu'Adrien eut encore à édicter des lois sévères contre les vestiges de l'anthropophagie religieuse [3].

Aux temps historiques de l'antiquité païenne, dans les cultes officiels de la Grèce et de l'Italie [4], les Dieux-Soleils sont personnifiés le plus généralement sous forme de taureau, et les communions bachiques qui se produisaient au grand jour n'étaient plus autorisées que sous forme de taurobolies [5]. Seulement, en souvenir de l'anthropophagie originelle de ces cérémonies et pour les distinguer des repas profanes, la chair de l'animal y était dévorée crue [6]. C'est de là que viennent les surnoms d'*Omastis* ou d'*Omadios* (mangeur de chair crue, celui qui se délecte en dévorant la chair crue) que l'on donnait au héros principal de ces boucheries sacrées [7], à Dionysos ou au dieu mystérieux de Nyssa.

Chez les Cafres [8], c'est aussi un taureau qui est dépecé vivant dans les sacrifices au dieu Imichlagou ; et les fidèles ne se contentent pas

1. L'an 97 avant J.-C.
2. XXX, 1.
3. Tantum religio potuit suadere malorum ! LUCRÈCE, *De natura rerum.*
4. A Rome, il y eut une recrudescence de sacrifices humains depuis Jules-César. — V. les intéressants détails sur ce sujet dans M. J. BAISSAC, *Les origines de la religion.*
5. Dans les taurobolies mithriaques, on ne mangeait pas la chair, mais on recevait le sang de la victime sur son corps. — V. une gravure du tome V de l'*Histoire des Romains* de M. V. DURUY, qui donne une représentation exacte de ces cérémonies.
6. ALFR. MAURY, *Les religions de la Grèce antique.*
7. On les appelait *omophagies* ou *mangeailles de chair crue,* à l'époque du cannibalisme aussi bien que plus tard, lorsque le taureau fut normalement substitué à l'hostie humaine.
8. Pour l'abolition de l'anthropophagie chez les Cafres, voy. OSCAR PESCHEL, *Völkerkunde.*

de dévorer sa chair, mais ils introduisent encore dans des incisions qu'ils se font au corps des pincées de cendres de l'os crural du dieu-victime qui souffre le martyre pour le salut de ses adorateurs [1].

Cette substitution du taureau à la victime humaine dans les cultes solaires tient évidemment à un ensemble de considérations assez complexe, où les cornes de cet animal, que l'on compare aux rayons ornant le front de l'astre lumineux ne me paraissent pas jouer un rôle aussi important qu'on le prétend. Le plus puissant de tous les animaux domestiques, le fécondateur farouche de nos troupeaux, n'était-il pas le symbole vivant de celui qui est la puissance et la virilité mêmes, le générateur par excellence, le Fils-Epoux de la Mère-Nature [2]? — D'un autre côté, et grâce à la communion anthropophage des temps passés, l'idée de nourriture semble s'être attachée si indissolublement à la représentation que l'on se faisait de cette divinité qui n'a pas créé le monde [3], mais qui le maintient, que l'on était naturellement porté à dévorer sa substance divine sous l'espèce de la chair de l'animal qui fournissait aux fidèles le plus substantiel de leurs repas matériels. Quant aux criobolies ou sacrifices de moutons, elles avaient absolument la même signification que les immolations de taureaux ; mais elles étaient plus à la portée des petites bourses, par conséquent plus démocratiques [4]. Nous pouvons donc les considérer comme la petite monnaie ou le change d'une taurobolie.

Il me semble que l'ethnologie aussi bien que la mythologie classique présentent des preuves nombreuses à l'appui de cette thèse, que — dans l'héliolâtrie — la communion, qui est invariablement anthropophage à l'origine, s'attache aux sacrifices d'animaux domestiques réputés purs (ce qui veut dire bons à manger), aussitôt que l'état pastoral est définitivement établi. Mais elle peut subsister sans subir de transformations ultérieures, pendant de longues périodes d'une civilisation, même aussi brillante et aussi raffinée que l'était celle des Hellènes et des Italiotes sous les Césars, avant et après l'ère chrétienne.

III

Tout sacrifice humain n'implique pas nécessairement l'anthropo-

1. Gurt. Fritsch, Alb. Réville, ouvrages cités.
2. Les mithriaques prétendaient que le germe de toute fécondité était en quelque sorte concentré dans le taureau, qu'il fallait immoler pour que ce germe puisse s'épancher dans la nature.
3. Le Dieu-Soleil figure souvent comme Démiurge, mais je ne le vois nulle part comme créateur ou père de la nature. Les Dieux-Pères sont des divinités célestes ou atmosphériques.
4. V. Duruy, ouvrage cité.

phagie, et toute anthropophagie religieuse n'est pas forcément une communion transsubstantielle.

De grandes boucheries humaines se sont faites et se font encore dans toutes les parties du globe sans le moindre rapport avec l'idée de nourriture, divine ou profane. Tels sont en premier lieu ces holocaustes mortuaires, qui se pratiquaient plus ou moins partout, mais dont la race continentale de l'Asie (dite race jaune ou mongole) avait en quelque sorte la spécialité. Les *sutties* de l'Inde anglaise ne sont qu'un cas particulier de ces sacrifices, dont l'exemple le plus grandiose de nos jours nous est offert par ce qu'on appelle la « *grande coutume* » en Dahomey [1]. A la mort du roi, des milliers de personnes des deux sexes, de tous les âges et de toutes les conditions, y sont solennellement massacrées avec le but unique d'envoyer au défunt un cortège digne de lui dans le sombre royaume, où il est appelé à recommencer son existence d'ici-bas [2].

Les indigènes du Ghondwana, dans la présidence du Bengale, offraient, il y a quelques années, des sacrifices d'un genre assez particulier appelés *mériahs*, qui méritent de fixer pour un instant notre attention [3]. Des victimes humaines y étaient offertes, avec les détails les plus révoltants, en honneur d'une divinité nommée Tado-Pounor, dont le sexe ne me paraît pas bien déterminé, mais dont le caractère est décidément chthonien et que nous nous permettrons d'identifier, par généralisation, avec la Mère-Nature ou Terre-Mère [4] des autres mythologies.

Il paraît certain que les sacrificateurs des *mériahs* ne mangeaient, du moins dans le courant du siècle actuel, aucune partie de la victime, qui était censée dévorée en entier par Tado-Pounor. L'intention consciente de ces sacrifices était d'obtenir une abondante récolte de céréales et de fruits, les habitants du Ghondwana s'en tenant exclusivement, comme d'ailleurs toutes les populations de ces régions, à une diète végétarienne. La victime néanmoins était choisie et traitée comme si on devait la manger. Il est donc plausible de supposer que, dans les idées de ces sauvages, l'hostie humaine était destinée à servir de pâture à la Terre-Mère, à engraisser son corps, lequel serait consommé plus tard par les adorateurs sous les espèces de

1. Ces sacrifices ont été décrits souvent. Je trouve de curieux détails sur ce sujet dans une lettre du P. J. Borghero, *Annales de la propagation*, n° 26, janv. 1863.

2. La distinction des sacrifices anthropophages (à l'origine) et de ceux qui sont inspirés par l'idée de la survivance est bien établie dans Osc. Peschel, ouvrage cité.

3. *Les mériahs dans le Ghondwana*, par J. Campbell, dans le *Tour du Monde*, 1864, II° sem. — Voy. aussi le beau mémoire sur ce sujet rédigé par Élie Reclus.

4. Le plus probable est que Tado-Pounor était de genre neutre, ce qui n'exclut pas cependant son caractère de maternité. — Voy. J. Baissac, *Les origines de la Religion*.

riz, de pain et de fruits. Ainsi, l'idée de communion n'était donc peut-être pas aussi absolument étrangère aux *mériahs* qu'il paraît à première vue ; mais il faut avouer qu'elle y apparaissait sous un aspect assez différent de celui dont il a été question au chapitre précédent. Il faut admettre que les Ghonds ont connu et pratiqué l'anthropophagie, sacrée ou profane; sans quoi l'idée ne leur serait pas venue d'engraisser leur déesse avec la chair humaine. Il est plus probable qu'ils se sanctifiaient aussi *manducando*, mais indépendamment des *mériahs*, en mangeant la substance divine sous les espèces de riz, de fruits et de pain, ce qui rapprocherait, extérieurement du moins, leur communion de la communion chrétienne, celle-ci étant pratiquée aussi sous une forme végétarienne. Il est constant cependant que, chez les chrétiens, le pain n'est qu'une substitution pour la chair d'une victime animale [1]; tandis que, chez les sauvages du Ghondwana, rien n'autorise la supposition que la substance divine ait été dévorée jamais sous forme de chair d'une hostie humaine ou animale.

Pour ne pas tomber dans le vague, il me paraît essentiel de n'accepter ici le terme de communion que dans le sens défini par les conciles et accepté par les deux Églises. Or la communion ainsi limitée ne doit comprendre que les repas mystiques où le prêtre ou l'hiérophante crée la divinité en opérant le miracle de la transsubstantiation. Ces caractères essentiels ne se retrouvent pas dans les *mériahs* du Ghondwana, qui présentent quelque analogie avec certains sacrifices, autres que les communions, des cultes héliolâtres ou dionysiaques, mais qui n'en jouèrent pas moins un rôle des plus importants dans notre antiquité classique. J'entends ces cérémonies et ces rites agraires, qui se rattachaient au culte de la mère chthonienne, — Rhéa, Gaea-Démeter, Cérès, — si puissants dans les religions officielles de la Grèce et de l'Italie, mais ayant surtout exercé une influence des plus directes sur le développement de ce mysticisme qui, à une certaine époque, devint commun à tous les peuples méditerranéens, aryens ou sémites, unifiés par la conquête romaine. Il n'est pas facile de discerner ce qui, dans les mystères éleusiniens, appartenait en propre au culte des déesses agraires, grâce aux innombrables additions qui y furent faites sous l'inspiration des conceptions dionysiaques ou bachiques [2]. On peut cependant donner le nom d'eleusinien à ce courant d'idées dont s'inspiraient les

1. Si le fait de cette substitution n'était pas suffisamment démontré par l'image de l'agneau que l'on voit figurer sur les hosties de l'Eglise, il n'y aurait qu'à citer la célèbre dénomination d'Agneau pascal appliquée au Christ par les chrétiens de tous les rites.

2. ALFR. MAURY, ouvrage cité.



pythagoriques et ceux des orphiques qui s'évertuaient à déshabituer les hommes et les dieux de toute effusion de sang, à les ramener à un régime végétarien. Ils n'eurent peut-être pas tous le succès que leur attribue M. Havet [1]; mais il n'en est pas moins impossible de parler du développement du mysticisme européen, sans tenir compte de cette propagande pythagorique, qui est si souvent mal jugée, même par les plus respectables autorités de nos jours.

Nous trouvons chez les Pawnies de l'Amérique du Nord des sacrifices humains réguliers, assez analogues aux mériahs, puisque leur intention consciente est aussi d'obtenir la fertilité du sol par l'immolation d'une jeune fille. Mais ces sacrifices étant offerts à l'étoile du matin [2], il nous paraît difficile d'en dégager cette idée vague et diffuse de communion éleusinienne que je viens de signaler dans le Ghondwana.

Généralement, chez les Peaux-Rouges, l'anthropophagie a complètement disparu comme mœurs, comme coutume profane, et les exemples d'anthropophagie religieuse y sont devenus rares [3], sporadiques et confus. Certaines tribus y ont recours cependant dans les conditions exceptionnelles, comme par exemple lorsqu'elles font entre elles une alliance solennelle [4]. — Les Iroquois sacrifient un homme avant de partir en guerre [5]; mais la prière qu'ils adressent à cette occasion à leur divinité nous démontre clairement que, depuis longtemps, ils ne mangent plus de chair humaine, bien qu'ils en nourrissent encore leurs dieux. « Nous t'offrons ce sacrifice, disent-ils, afin que tu puisses te nourrir de chair humaine et que tu veuilles en conséquence nous donner le bonheur et la victoire. »

Mais nous n'avons pas à chercher dans les parages éloignés et peu étudiés l'exemple le plus frappant d'un peuple, religieux par excellence et dont l'existence historique se passe presque en entier entre holocaustes et prières, qui cependant n'a jamais eu l'idée de manger son dieu. Tel est ce même peuple juif auquel on attribue l'honneur d'avoir inventé le christianisme [6], ou du moins d'avoir donné l'impulsion décisive à la révolution qui aboutit au triomphe de la religion chrétienne.

Certes, je suis loin de partager l'idée fixe de certains savants qui,

1. Si les pythagoriciens n'ont pas déshabitué les hommes de la chair des bêtes, on peut dire qu'ils en dégoûtèrent les dieux. — E. Havet, *Le christianisme et ses origines*, t. II.

2. Réville, ouvrage cité.

3. Muller, *Amerikanische Urreligionen*.

4. Bancroft, *Native races*, t. I.

5. Janner, *Mémoires*.

6. D'après M. Havet, les Juifs n'ont pas fait le christianisme, mais la révolution chrétienne (ouvrage cité, introduction et *passim*).

ne pouvant plus nier que les Hébreux, tout comme le commun des peuples, ont nourri leur Yahveh de chair humaine, ne s'en tiennent pas moins pour obligés de soutenir *ad majorem spiritualismi gloriam* que ces sacrifices odieux, si souvent mentionnées dans la Bible, sont restés étrangers au judaïsme pur, et qu'ils n'ont été que le produit des infidélités nombreuses que cette nation élue faisait à son céleste Epoux.

« L'idée mise en avant par quelques savants fantaisistes, dit M. J. Wellhausen [1], que l'immolation des enfants premiers-nés était, à l'origine, la grande affaire, lors de la fête de Pâque, mérite à peine d'être réfutée... Historiquement, l'offre en sacrifice de l'enfant premier-né ou du plus chéri se présente rarement, et toujours comme un fait exorbitant et étrange. On peut affirmer, sans aucune hésitation, que le sacrifice du premier-né n'a jamais été considéré dans les temps anciens d'Israël comme une redevance légale; de cette effroyable rançon il ne se trouve aucun vestige. Ce n'est que peu de temps avant l'exil que, en même temps que beaucoup d'autres nouveautés, l'on vit brûler en grand nombre des enfants... »

Faisons pour le moment abstraction de la fête de Pâques; nous y reviendrons tout à l'heure, et avec d'autres intentions. Ne parlons point du sacrifice d'Isaac, lequel, en effet, pourrait n'être qu'un reflet de celui d'El-Chronos, dont il est question dans Sankhoniaton. Oublions la fille de Jephté sous le prétexte... je ne sais sous quel prétexte M. Wellhausen veut qu'on l'oublie. Admettons que les *autodafés* de la vallée de Ben-Hinnom étaient destinés à Molek ou Moloch et non à Yahveh [2]. — On ne saurait être plus large, puisque le yahvisme des auteurs spiritualistes, ou la monolâtrie judaïque [3], n'est qu'une phase, une période ultérieure d'une évolution religieuse qui a débuté par le naturalisme des Sémites. Mais que ferons-nous des textes formels que voici : « Tout premier-né d'entre les enfants d'Israël est à moi; je me le suis sanctifié le jour que je frappai tout premier-né d'Egypte » (c'est Yahveh qui parle) [4]. — « L'Éternel parla à Moïse en disant : Sanctifiez-moi tout premier-né, tout ce qui ouvre la matrice entre les enfants d'Israël, tant des hommes que des

1. *Revue de l'histoire des religions*, n° et articles cités.

2. En effet, le prophète semble réprouver ces sacrifices (Jérém., VII, 31), et Josias, le champion du vrai judaïsme, a profané la vallée de Hinnom. Mais Yahveh n'a pas toujours été de l'avis de ses serviteurs à ce sujet (V. II° *Rois*, ch. III, 27, sur le sacrifice du premier-né de Mésa à Yahveh, qui l'en récompensa).

3. Sur la distinction du monothéisme et de la monolâtrie, voy. les articles de M. Réville dans la *Revue* de M. Verne; aussi la fin du 1er ch. du livre de M. Baissac, si souvent mentionné.

4. *Nombres*, X, 17.

bêtes... Ce que tu auras de mâles sera à l'Éternel [1]. » — « Nul interdit voué à l'Éternel... soit un homme, ou une bête... ne se rachètera..., mais on le fera mourrir [2]. »

Voilà, me semble-t-il, des vestiges bien évidents de « l'effroyable rançon », démontrant, au surplus, qu'il ne s'agit point d'abus ni de paillardise avec les dieux étrangers, mais d'une « redevance légale », stipulant la mort et n'admettant point de rachat.

Il est vrai qu'un autre texte, non moins sacré et formel, contredit aussitôt cette prescription homicide; mais la contradiction n'est pas de nature à donner satisfaction au docte hébraïsant de la *Revue* de M. Verne contre les savants fantaisistes qui troublent son repos. Au chapitre de l'*Exode* que je viens de citer, un verset plus bas, on lit en toutes lettres : « Mais tu rachèteras avec un petit d'entre les brebis (ou d'entre les chèvres) toute première portée des ânesses; et, si tu ne le rachètes pas, tu lui couperas le cou. Tu rachèteras aussi tout premier-né des hommes entre tes enfants. »

Ici, le rachat n'est que permis; mais il ne tardera guère à devenir obligatoire : « Mais on ne manquera pas de racheter le premier-né de l'homme : on rachètera aussi le premier-né des bêtes souillées [3]. » — « Et on rachètera les premiers-nés des hommes qui doivent être rachetés, depuis l'âge d'un mois, selon l'estimation que tu feras, qui sera de cinq chekels d'argent, selon le chekel du sanctuaire, qui est de vingt oboles [4]. »

Je ne puis pas refaire ici les savants ouvrages de Daumer [5], de Baudissin [6] et tant d'autres. Je ferai observer seulement que ce rachat des premiers-nés entre les hommes se pratique jusqu'à ce jour chez les juifs observateurs du culte [7]. Lorsque l'enfant a fini son premier mois d'existence, le père est tenu de payer la valeur de trente chekel d'argent [8] au prêtre, qui accepte après avoir accompli certains rites et en proférant ces mots : « Cet argent est pour le premier-né; il est en lieu et place du premier-né; il le rachète! Que ce fils soit donc épargné dans sa vie, et qu'il vive pour la loi de Dieu et dans la crainte du ciel. » — Mais si l'enfant est maladif, s'il a quelque défaut corporel, ou si, à quelque autre égard, il paraît inférieur à la moyenne des enfants de son âge et de sa qualité, alors le prêtre, de consente-

1. *Exode*, XIII, 2, 12.
2. *Lévit.*, XXVII, 28, 29.
3. *Nombres*, XVIIII, 17.
4. Ouvrage cité, *id.*, 18.
5. *Feuer-und Molochdienst der alten Hebräer.*
6. *Iahve et Moloch* (en latin).
7. Kitto's, *Biblic. Encyclopæd.*
8. Les trente deniers de Judas (?).

ment avec le père, peut rabattre de ce prix de trente chekels, en s'appuyant de deux passages du livre des *Nombres* [1].

Je ne crois pas qu'il y ait à se méprendre sur le vrai sens de ces textes et de semblables institutions.

Je ne sais à quelle date il faut rapporter l'origine de ce rachat des premiers-nés; car il se peut que les textes sur lesquels il est fondé ne soient qu'une interpolation postérieure; cette supposition expliquerait la contradiction flagrante des deux versets qui se touchent, que je viens de signaler.

D'ailleurs, cette idée que tout premier-né, voire même tout enfant mâle de la nation, est dû à Yahveh, c'est-à-dire que, s'il n'est pas racheté, son cou doit être tordu ou qu'il doit passer par le feu, semble peser sur les Juifs des temps antérieurs au prophétisme, peut-être jusqu'à l'époque de l'hellénisation relative de la Judée [2]. La loi est pleine de rites de rachat ou d'expiation, plus ou moins analogues à celui qui vient d'être décrit; mais, comme ils y sont tantôt vaguement exprimés (comme dans l'exemple fameux de la substitution du bélier à Isaac), tantôt formellement contredits par un texte non moins authentique et sacré, l'esclave de « *Celui qui fait peur* [3] » ne se croit jamais suffisamment racheté. D'après l'épisode d'Isaac, on devrait admettre que, depuis les temps préhistoriques, le premier-né pouvait vivre en paix du moment qu'un bélier ou un agneau a été dûment sacrifié à sa place; et l'institution de la fête de Pâques, que la tradition rapporte à la nuit même de l'Exode, semble confirmer cette version tout en la reportant à une date plus récente. On peut se demander de quel droit Yahveh se consacre les premiers-nés d'Egypte, dont le peuple n'a pas conclu de pact avec lui et ne lui doit aucun impôt? Mais ces raisonnement ne sont pas de mise avec les despotes orientaux. Du moins, Yahveh a-t-il dit formellement à cette occasion qu'il comptera désormais la redevance des premiers-nés des hommes légalement acquittée par chaque famille hébreux qui lui aura immolé, à cette date, un premier-né des chèvres ou des brebis [4] : « et le sang vous sera pour signe sur les maisons dans lesquelles vous serez; car je verrai le sang et je passerai par-dessus vous, et il n'y aura point de plaie ni destruction parmi vous, quand je frapperai le pays d'Egypte. »

Mais, à peine le peuple ainsi favorisé a-t-il échappé à la servitude

1. III, 46 sq., et XVIII, 16.
2. Voy. E. Havet sur la date probable du *Deutéronome* et des *Prophètes*, ouvrage cité, t. III.
3. Tel est le sens d'*Eloah*, dont le pluriel *Elohim* est l'équivalent de Dieu en hébreu, Yahveh (*ego sum qui sum*) étant un nom propre.
4. *Exode*, XII, 13.

égyptienne, que ce pacte n'est plus valable et que l'insatiable tyran s'attribue, à titre de nouveau rachat, toute la tribu de Lévi, donnant, il est vrai, un sens moins meurtrier à ce mot terrible de sanctification [1].

A quoi bon la Pâque, puisque la consécration des Lévites acquitte l'impôt de sang qui pèse sur les douze tribus? — A quoi bon le rachat de trente chekels d'argent, puisque l'agneau immolé à Pâque est l'équivalent accepté des premiers-nés de l'homme [2]?

Certes, il y a encore beaucoup de ténèbres et de contradictions dans cette lugubre monolâtrie judaïque, et les virtuoses de l'art de « jouer de la lyre sur les cordes sensibles du cœur » des lecteurs y trouveront des motifs qui, pour longtemps encore, se prêteront à quelque variation spiritualiste nouvelle [3].

Une chose se dégage cependant avec évidence de ce chaos dont je me garde de sonder les troubles profondeurs : à savoir que l'idée de communier en mangeant de son Dieu, sous quelque espèce que ce fût, a toujours été absente de la mystique et de la théosophie des Hébreux. M. J. Wellhausen lui-même, dans son article sur *les Sacrifices et les Fêtes des Hébreux* parle d'or, dès qu'il ne s'agit que de ce sujet strictement limité : « La pratique des anciens temps associait presque constamment un repas au sacrifice (*ce qui est commun au judaïsme avec les religions à transsubstantiation, dont il a été question plus haut*)... Se réjouir, boire et manger devant l'Eternel (*mais on ne mangeait pas l'Eternel, et c'est là que commence la divergence entre les Sacrifices dionysiaques et les sacrifices des Hébreux*) reste une expression usuelle jusqu'au Deutéronome, qui s'en sert constamment; Ezéchiel appelle le culte des hauteurs : « manger sur les montagnes. » Le repas pris en présence de Yahveh établit une union intime d'une part entre lui et ses hôtes, de l'autre entre les participants; cette idée est inséparable des sacrifices, et les *chelamim* lui doivent leur nom. »

Le yahvisme subit donc bien la loi générale de l'évolution reli-

1. J'ai pris les Lévites au lieu de tous les premiers-nés d'entre les enfants d'Israël (*Nombres*, X, 6); mais ce n'est plus comme viande de boucherie que les Lévites sont offerts à l'Eternel.

2. Parmi les cérémonies de rachat qui remplissent le rituel judaïque, la circoncision aurait dû sans doute être mentionnée en premier lieu (*Genèse*, XVII, 10; *Exode*, IV, 25; XII, 44, 48). — La circoncision ne semble pourtant acquitter que la redevance générale, qui pèse sur tous les mâles d'Israël, en vertu du principe *pars pro toto* (voy. le *Mémoire* lu par Elie Reclus devant l'Institut anthropologique de Londres, 11 janv. 1879). — Il ne s'agit, dans mon texte, que de l'impôt spécial des premiers-nés, qui n'est évidemment pas payé par la circoncision, puisque, de ce chef, le Juif se croit débiteur éternellement insolvable devant Yahveh, malgré la fête de Pâque, la consécration des Lévites et la capitation des trente chekels d'argent sus-mentionnés.

3. Tout récemment, un orientaliste distingué, M. James Darmstetter, vient de découvrir dans la Bible les vrais principes de toute science : l'unité des forces de la nature (monothéisme) et le progrès (le messianisme)! Voy. son *Coup d'œil sur l'histoire du peuple juif.*

gieuse; il prolonge même peut-être au delà de la limite moyenne cette période de confusion inévitable entre le sacrifice et le repas [1].

Nous pouvons donc distinguer deux séries de mangeries sacrées qui partent du même point : l'anthropophagie, qui est simultanément hiératique et utilitaire au début. La divergence s'accuse de plus en plus à chaque nouvelle phase ou étape progressive de l'évolution. Les repas à transsubstantiation, arrivés à leur dernier terme, la communion végétarienne, dégagée de toute fin de nutrition matérielle, ont encore pour plat de résistance la chair, et pour boisson le sang de leur dieu. Le Juif, au contraire, se contente, dès l'origine, d'avoir son Dieu pour commensal dans les *chelamim* ou sacrifices ordinaires. Dans les *ola* [2], ou sacrifices exceptionnellement solennels, il se contentera de voir manger son Dieu pendant que lui-même fera pénitence. Mais c'est particulièrement à l'époque des prophètes, que l'on prétend avoir si efficacement collaboré à la naissance du christianisme, que l'idée de manger du Dieu et de boire de son sang devait être considérée par les adorateurs du Yahveh biblique comme le plus abominable des blasphèmes, que la lapidation du coupable ne saurait expier.

IV

Quand on veut définir la place qui doit être assignée à une religion quelconque dans le vaste ensemble de l'évolution historique et préhistorique de l'humanité, ce n'est pas au vague de sa morale, toujours contradictoire, ni à sa philosophie nébuleuse qu'il faut s'en prendre d'abord; c'est par son rituel surtout qu'il faut l'attaquer.

Chaque culte est caractérisé, avant tout, par ce qui constitue son sacrifice par excellence; par le principal de ses mystères, où ses croyances les plus essentielles et ses dogmes les plus abstraits ne peuvent guère manquer de se résumer sous une forme concrète, fixe et bien arrêtée.

Peu de considérations générales sur la communion transsubstantielle, qui est le sacrifice majeur des chrétiens, suffisent pour rattacher organiquement le christianisme à un groupe bien déterminé de

1. Il n'est peut-être pas superflu d'insister encore une fois sur ce que le judaïsme, même à ce point de vue, n'occupe nullement une position isolée. Il se classe dans la même série qui comprend les cultes des Peaux-Rouges dont il a été parlé, qui se contentent aussi de donner à manger à leur dieu, de l'avoir pour commensal, mais qui ne mangent point leur dieu à titre de communion.

2. Les *ola* ou sacrifices particulièrement solennels du judaïsme se distinguaient des *schelamim* en ce que la victime immolée y était en entier consommée par l'Eternel, et que les fidèles n'en prenaient pas leur part. — Voy. J. Wellhausen, article cité.

religions, qui sont toutes inspirées par la croyance que l'humanité et la divinité ne sont point essentiellement irréductibles, et que le chamanisme d'une messe suffit pour opérer la divinisation de la matière. L'Eglise a tant anathématisé les turpitudes de la chair et tant vilipendé la matière, que l'on a de la peine à se persuader aujourd'hui qu'elle n'a fait cependant que du panthéisme, — comme M. Jourdain faisait de la prose, — en nous imposant le dogme de la présence réelle de la divinité dans l'hostie. C'était ce que croyaient aussi les Floridiens et les Araucaniens barbares ou sauvages, les Cafres pasteurs et les Péruviens ou les Mexicains civilisés; mais c'était surtout ce que croyaient les dionysiaques de l'époque classique, dont le culte n'était qu'un développement particulier de la théogonie panthéiste des Aryens [1].

Certes, pour redevenir dieu, la matière, avilie et dégradée par l'égoïsme, la volupté et par les innombrables souillures de la vie quotidienne, a besoin d'être sanctifiée : et c'est la souffrance, la *passion* qui purifie. Aussi l'idée de la torture, de la passion, s'associe-t-elle invariablement partout à l'idée de la communion par transsubstantiation; et il nous est facile de reconstituer, par une observation tant soit peu attentive des faits, le chemin odieux et sanglant, par lequel les dévots de certaines croyances ont été fatalement amenés à cette association d'idées que le christianisme — dernier échelon d'une longue chaîne qui a ses attaches dans les entrailles palpitantes des victimes dépecées vivantes au pied des autels — a enduite d'un vernis de sentimentalisme fade et de mielleuse bénignité. Quand un Araucanien prétend qu'un simple mortel, un homme comme lui, voire même son inférieur — puisqu'il est le vaincu — a été fait Dieu par la passion, il constate simplement les faits dont il est l'acteur ou le témoin oculaire; ce n'est, effectivemment, que par d'atroces supplices, qu'elle subit avant d'être dévorée pour la communion, qu'une hostie, animale ou humaine, est élevée dans les cultes en question au rang d'une divinité.

Si l'on songe qu'un des premiers progrès relatifs réalisés dans ces saintes boucheries consistait en ce que les grands criminels seuls étaient condamnés au rôle des victimes, on comprendra facilement comment a dû naître l'idée que le Dieu, qui livrait sa chair et son sang à la consommation des fidèles, avait passé par les combles de la dégradation et de l'humiliation [2]. C'est de là que date la croyance

1. « Les hommes et les dieux sont du même sang, » disait Pindare, interprète fidèle du génie hellénique.

2. Le dogme fameux de l'indifférence des actes, qui était poussé si loin par les dionysiaques

qui se rattache indissolublement à la communion, à savoir que la sainteté de la passion efface toutes les iniquités [1].

La substitution d'une victime animale, taureau ou lama noir [2], à l'hostie humaine, n'amène que peu de changements dans ce drame lugubre; et lorsque, sous l'influence d'autres cultes ou d'autres courants d'idées, la victime humaine est remplacée par les espèces végétariennes [3], les croyances sont déjà figées et conservent pour toujours l'empreinte du moule hideux qui a servi à les modeler.

Les religions, non moins nombreuses, qui sont restées étrangères à l'idée d'une communion transsubstantielle, émanent d'une toute autre conception de la divinité, du monde et de l'humanité. Le judaïsme n'a pas débuté sans doute par la représentation élevée de Yahveh que se faisaient les prophètes des temps postérieurs; mais, dès ses origines mêmes, il se distingue par son incapacité de concevoir le monde comme une incarnation ou une réalisation de la divinité. Son Dieu pétrit la matière comme le boulanger pétrit la pâte, comme le potier façonne l'argile. L'homme, le chef-d'œuvre du divin modeleur, portera bien l'empreinte ou le « souffle » de celui qui l'a façonné; mais le plus parfait des vases ne s'identifie pas avec le potier. — Dans ses bons moments, Yahveh est un pasteur, et ses élus sont ses brebis [4], qu'il peut ménager parfois, mais qui n'en sont pas moins de nature essentiellement distincte et inférieure à la sienne. Aucune messe, aucun prodige, ne sauraient combler cet abîme qui, dans les conceptions judaïques, sépare la divinité de l'humanité. Les mots manquent bien souvent à la dévotion des israélites, surtout à ses époques primitives, pour exprimer cette irréductibilité essentielle du divin et du matériel; mais ce sentiment lui est toujours présent; c'est de là que procèdent ces images qui remplissent la Bible et dont le monstrueux ou le grotesque ne peut guère être voilé par les euphémismes du langage des traductions nouvelles à l'usage des jeunes mariés des religions réformées.

Débiteur éternellement insolvable devant celui qui l'a créé avec le but unique d'avoir des esclaves et des adorateurs passionnés, le Juif

et par certains gnostiques, mais qui est aussi celui des deux orthodoxies chrétiennes, n'est qu'un corollaire obligé de la croyance à l'efficacité du sacrement.

1. On verra plus tard comment le dogme de la Passion volontaire est né de la nécessité de choisir parmi les initiés les victimes des omophagies dionysiaques. C'est pour prendre leur par de la passion volontaire du Dieu-Sauveur que les dévotes de la Grèce et de l'Italie se faisaient fouetter d'importance avant de procéder à la communion.

2. Dans certains cultes du Pérou. — Gir. de Rialle, ouvrage cité.

3. L'hostie était déjà presque entièrement végétale dans le culte de Huitzlipochtli; on se contentait de lui donner la forme d'un dieu-homme que l'on mettait en pièces à coups de flèches, pour figurer la passion.

4. Psaumes LXXVIII, LXXIX.

n'admet pas qu'il lui soit possible de s'assimiler son Dieu, heureux si dans un de ses accès de bienveillance, qui ne lui sont pas coutumiers, son intraitable seigneur et maître daigne s'encanailler jusqu'à s'associer à ces repas, dont les morceaux de choix [1] lui sont invariablement réservées, à titre d'expiation pour le reste, que son esclave dévorera par nécessité.

Chez beaucoup de peuples qui pratiquent l'anthropophagie sans y associer des idées de communion, certaines parties du cadavre dévoré, réputées les meilleures : le cœur, l'œil, etc., sont réservées aux dieux ou aux chefs qui sont des émanations ou des représentants de la divinité [2]. Le Juif subissait la même impulsion lorsqu'il attribuait à Yahveh le sang de tout animal dont il allait se nourrir, parce que toute vie appartient à l'Eternel, et le sang est l'âme ou l'essence de toute vie; et, comme s'il eût prévu les divagations des savants à venir sur les faux airs spiritualistes d'une semblable attribution, il eut hâte d'y ajouter toute graisse qui recouvre les entrailles, les rognons et d'autres morceaux de choix; son rituel est plein de ces ordonnances minutieuses qui le font ressembler si souvent à un manuel parfait de boucherie-charcuterie.

Chez les peuples à communion, une distinction entre les repas profanes et les sacrifices apparaît naturellement à l'époque où les croyants se sont déjà dégoûtés de la chair humaine, tandis que les dieux en réclament encore. Chez les juifs, même de nos jours, tout repas est, en quelque sorte, un *chelam*, en raison du sang et de la graisse qui y sont réservés pour Yahveh; et rien ne se comprend mieux que cette prescription des temps du rigorisme ritualiste [3], qui ne défendait pas seulement de sacrifier ailleurs qu'au temple de Jérusalem, mais même d'égorger ailleurs les animaux que l'on tuait pour les repas : « Si quelqu'un, ayant égorgé un taureau, etc., ne l'a point amené à l'entrée du tabernacle, ce sang sera imputé à cet homme-là; il a répandu du sang; aussi cet homme-là sera retranché du milieu de son peuple [4]. »

Depuis la destruction du temple, ce qui se rapproche le plus d'un sacrifice solennel chez les Juifs est leur repas de Pâque, dans la célébration duquel nous retrouvons à peu près toutes les formalités que les rituels bibliques prescrivent pour les *chelamin* habituels. Il est vrai

1. Plus particulièrement le sang, qui est, on le sait, l'âme de toute vie.
2. Quand ils ne sont pas de vraies divinités. Plusieurs peuples, les Japonais entre autres, se servaient du même terme pour désigner un chef ou un dieu.
3. Les temps de Josias, qui purifia le temple des prostitutions sacrées en honneur d'Achtaroth et de certains autres rites compromettants.
4. *Lévit.*, XVII, 3, 4.

qu'ils ne rôtissent plus l'agneau entier, comme cela se pratiquait anciennement, pour se conformer aux règles établies à cet effet dans l'*Exode* [1]; mais ces infractions volontaires au rituel pascal ne sauraient guère avoir de l'importance à nos yeux, la solennité majeure de cette fête par excellence des Hébreux ne résultant principalement que de cette componction toute particulière avec laquelle elle est célébrée, componction qui ne le cède en rien à celle des chrétiens les plus pieux avalant leur hostie. Sous ce rapport, on n'a nullement exagéré lorsqu'on a prétendu que la Pâque était à la religion judaïque l'équivalent exact de ce qu'est la communion transsubstantielle aux adorateurs du Christ.

On est allé plus loin, et la version autorisée par les conciles, consacrée par les deux orthodoxies, catholique-romaine et gréco-russe, ainsi que par la grande majorité des sectes protestantes et réformées, affirme que la communion chrétienne n'est que la Pâque même, spiritualisée par le divin réformateur du mosaïsme, par le prophète et le héros du Nouveau Testament. — Il ne saurait, en effet, en être autrement, si le christianisme est issu du judaïsme, si Dieu-le-Fils [2], adoré de nos jours par les nations civilisées, a réellement pour père le terrible Yahveh-Zébaoth de la Bible.

Au point de vue de la science des religions et de l'ethnologie, il ne peut y avoir aucun doute sur ce fait, que le christianisme ne présente qu'une des dernières étapes d'une longue évolution religieuse; de ce qu'il est à une autre religion exactement ce que le bouddhisme est par rapport au brahmanisme et à la religion primitive des Aryas. Or il y a peu de vérités si généralement admises que celle qui donne pour ancêtre à Jésus le Yahveh judaïque. Les célèbres et ingénieux auteurs qui, depuis plus d'une cinquantaine d'années, ont si savamment evhémérisé sur la question des origines chrétiennes, tant en France qu'en Allemagne : les Bauer, les Strauss, les Reuss, les Renan, — pour ne citer que les plus renommés, — semblent avoir définitivement consacré, de par toute l'autorité de leur incomparable érudition, cette opinion que le scepticisme français du siècle dernier avait tant soit peu ébranlée. Les auteurs qui ont quelque soin de leur réputation se garderaient bien aujourd'hui de reprendre cette thèse que l'ingénieux Dupuis avait mise pour un temps à la mode [3], à

1. Le chapitre XII de l'*Exode* est consacré en entier à la célébration de cette fête.

2. Le terme usuel de Fils de Dieu n'exprime nullement le rôle que certaines divinités (Horus, Apollon, Héphestos, Dionysos, Mithra, Jésus, etc.) jouent dans la théogonie de certains peuples.

3. Je ne connais que deux ouvrages modernes dont les auteurs ont repris chacun à sa manière, la thèse de Dupuis, avec un succès plus ou moins médiocre. Ce sont : Paul Renard dans sa *Symbolique nouvelle*, et Louis Ganeval, auteur de trois curieuses brochures publiées à Genève, sous ce titre : *Jésus devant l'histoire n'a jamais existé!* Je ne sais si je dois joindre à ce

savoir que la légende de Jésus-Christ n'est qu'une des nombreuses variantes du mythe solaire. Mais il me semble cependant que pas n'est besoin d'ignorer la solide érudition de M. Strauss pour reconnaître que les fruits de sa critique sont précieux en tant qu'ils sont négatifs; et que l'on peut admirer le gracieux roman que M. Renan a su tirer de la vie de Jésus, tout en se demandant si c'est bien le lac de Galilée, la mer Morte du judaïsme, et non les flots azurés de l'Archipel et de la Méditerranée que reflètent les yeux rêveurs du jeune rabbi extatique.

Le fait est que l'evhémérisme, bien que préconisé encore par le brillant auteur des *Principes de sociologie* [1], n'inspire plus de nos jours aux spécialistes de la science des religions qu'une confiance très médiocre; et que M. Ernest Havet, qui le premier, entre les auteurs contemporains, a eu l'heureuse idée d'aborder l'étude des origines chrétiennes avec une méthode tout autre que celle de ses prédécesseurs, — par la simple critique littéraire et historique des documents chrétiens, juifs et païens, — a abouti aussitôt à un résultat qui a été pour lui-même une *grande surprise*, « celle de reconnaître à quel point la personne de Jésus reste ignorée, combien sa trace dans l'histoire est pour ainsi dire imperceptible, et combien il paraît avoir été pour peu de chose dans la révolution qu'on désigne par ce nom du Christ, devenu inséparable de son nom [2]... La chrétienté vit aujourd'hui encore sur le même fonds religieux et moral sur lequel vivaient les païens des siècles classiques, modifié seulement par le travail même du temps, par le progrès démocratique..., surtout par le sentiment profond de souffrance et de désolation qui envahit les âmes à partir du règne des Césars. »

On connaît le résumé de son remarquable ouvrage : « Les Juifs n'ont pas fait le christianisme, mais ils ont fait la révolution chrétienne... Ce n'est pas le judaïsme pur, c'est l'hellénisme judaïsant qui doit un jour transformer le monde. » — Et quant à la révolution dont il est question, M. Havet insiste tout particulièrement, dans sa préface même, sur ce qu'elle n'est ni philosophique ni morale. Je crois qu'il n'hésiterait pas à reconnaître qu'elle n'est même pas sociale dans le sens rigoureux et moderne du mot [3]. Elle se réduit sim-

nombre l'*Orient dévoilé* de M. Sarrasi, qui a eu l'honneur d'une deuxième édition, mais que néanmoins il me serait difficile de considérer comme un succès.

1. Herbert Spencer. Voir le bel article de M. Réville sur la portée de l'evhémérisme dans la science des religions, inséré dans la *Revue* de M. Vernes.

2. Havet, ouvrage cité, conclusion du volume III.

3. Il est incontestable aujourd'hui que le christianisme n'a pas contribué à l'abolition de l'esclavage. Saint Paul est décidément un réactionnaire à ce point de vue, comparé non seulement aux philosophes païens, mais aussi à certains Césars d'avant la scission.

plement à ce que « l'Eglise du dieu nouveau devient un pouvoir public, bientôt le premier des pouvoirs. »

Tout en reconnaissant que les quatre volumes du savant professeur sur le Christianisme et ses Origines marquent un des plus importants progrès de la christologie contemporaine, tout en admirant la lucidité de sa critique et les qualités de son style sobre et sincère, l'on ne peut cependant s'empêcher de se demander si les Grecs et les hellénisés de l'époque en question ne faisaient pas autre chose que de judaïser, en matière de religions étrangères; s'il n'y a eu que des Juifs, parmi ces barbares plus ou moins hellénisés qui ont collaboré à la dissolution de la cité antique, essentiellement laïque et païenne [1] (l'Etat romain n'ayant jamais été autre chose au fond qu'une hypertrophie monstrueuse de la cité), et à la substitution d'une théocratie à sa place; en un mot, si le rôle du judaïsme dans cette crise, déjà si réduit par la critique de M. Havet, n'est pas encore exagéré, et s'il y a eu véritablement une crise, un moment de triomphe des opprimés et des persécutés, dont le porte-drapeau était la nation juive?

Il y a peu d'années, un savant allemand, auquel on ne peut refuser sans injustice une connaissance approfondie de son sujet, a soutenu que le stoïcisme, à lui seul et sans aucune ingérence étrangère, aurait amplement suffi pour engendrer tout le christianisme [2]. La thèse nous semble erronée, puisqu'on n'a jamais vu une philosophie dégénérer en religion; mais on voit partout les religions s'assimiler ce qu'elles peuvent de toutes les philosophies qui sont en vogue à un moment et dans un milieu donnés. Mais l'accueil assez froid qui a été fait à cet ouvrage par les savants officiels de l'Allemagne et de l'étranger ne semble guère avoir découragé les compatriotes de Bruno Baur; et, tout récemment, M. Rudolf Seydel nous a fait observer, avec beaucoup de raison, que les auteurs du christianisme, qu'ils fussent Juifs ou Stoïciens, ne négligèrent pas de faire des emprunts nombreux et essentiels au bouddhisme [3]. — Quiconque connaît le rôle important que le culte, persan à son origine, de Mithra a joué chez les Romains de la décadence, ne sera nullement étonné sans doute en voyant paraître un nouvel ouvrage, qui démontrera avec non moins d'érudition et d'évidence que le christianisme n'est qu'un plagiat du parsisme. La thèse d'ailleurs ne serait pas nouvelle, puisque, au IIe siècle de notre ère, Justin le Martyr accusait déjà le diable d'avoir joué un mauvais tour à Jésus-Christ, en enseignant

1. N'en déplaise à M. FUSTEL DE COULANGE.
2. BRUNO BAUR, *Das Urevangelium und die Gegner der Schrift.*
3. RUD. SEYDEL, *Das Evangelium von Jesu in seinen Verhältnissen zu Buddha-Sage und Budha-Lehre.*

aux Parsis à singer la sainte Cène, avant même qu'elle ne fût instituée [1]. Nul n'ignore aujourd'hui que l'Eglise doit au mazdéisme bien plus que son sauveur (Sosioch) [2]; elle lui doit Satan, le « prince de ce monde », la véritable cheville ouvrière de sa puissance, et qui lui prêtait si complaisamment sa fourche pour attiser les bûchers des autodafés, en se contentant pour lui-même d'un pouvoir nominal [3]...

Le christianisme comme religion ne présente plus pour le public instruit et intelligent de nos jours qu'un intérêt médiocre; mais il reste encore une page passablement embrouillée et énigmatique dans notre histoire sociale : et c'est précisément celle qui a trait à l'une des plus grandes révolutions qui se soient jamais produites dans ce monde, et qui garde encore même, dans le langage des sceptiques et des impies, le nom de révolution chrétienne. Après avoir été détrôné comme fils et héritier de l'Eternel judaïque, le Christ règne encore, bien plus qu'on ne le croit, sur les cœurs et les imaginations, à titre de démagogue modèle, ayant détruit le plus vaste et le plus puissant des empires laïques, par la force indomptable de son dévouement sans limites, par le charme irrésistible de sa parole [4].

M. Havet, grâce surtout à sa méthode rien moins qu'evhémériste, n'a pas failli de découvrir que même à ce point de vue humanitaire et réformiste, la réputation du prophète de Nazareth a été surfaite et que, en réalité, « son rôle est imperceptible dans l'histoire. » Mais le savant auteur du *Christianisme et ses Origines* ne dépouille l'homme Messie de l'honneur qui lui a été injustement attribué que pour le reporter sur tout le peuple juif. Or, au point de vue de la psychologie de l'histoire, ce messianisme prétendu du peuple d'Israël pris en bloc ne me paraît guère moins prodigieux ni moins incompatible avec les lois de l'évolution, telles qu'elles sont dévoilées par la science contemporaine, que la simple tradition évangélique.

V

C'est un lieu commun généralement admis par les orthodoxes et par les incrédules, par les savants et par les ignorants, que la com-

1. Rud. Seydel, ouvrage cité.
2. Eichthal, préface aux *Évangiles*.
3. Baissac, *le Diable; Roszkoff, Geschichte des Teufels;* Dr Karsch, *Naturgeschischte des Teufels*.
4. A. Geliaboff, l'un des principaux auteurs de l'attentat contre Alexandre II, répondait au tribunal, qui l'envoyait à la potence, qu'il n'avait point de religion, mais qu'il révérait le Christ, pour avoir prêché d'exemple un dévouement sans bornes à la cause des pauvres et des opprimés.

munion chrétienne est une pâque mystique, un équivalent végétarien — donc, relativement spiritualisé — de l'agneau que les Juifs immolaient pour l'expiation de leurs péchés et en mémoire de leur heureuse sortie de l'Egypte.

« La pâque chrétienne fut instituée par Jésus-Christ, lorsque, dans le dernier souper qu'il fit avec les apôtres, il leur donna son corps à manger et son sang à boire sous les espèces (*éleusiniennes*) du pain et du vin, et lorsque le lendemain il abandonna son corps aux Juifs, qui le condamnèrent à mort et le firent crucifier par les mains des bourreaux. L'agneau pascal que les Juifs égorgaient, qu'ils déchiraient, qu'ils mangeaient et dont le sang les garantissait de l'approche de l'ange exterminateur, n'était qu'une figure de la mort et de la passion du Sauveur, et de son sang répandu pour le salut de ce monde [1]. »

C'est ainsi que parle Dom A. Calmet, l'auteur de l'unique dictionnaire catholique de la Bible, où les articles de foi chrétienne sont expliqués historiquement et critiquement avec autant d'érudition et de lucidité d'esprit que faire se peut sans sortir des limites du catholicisme.

Nous n'avons pas à nous occuper de la confusion qui règne au sujet de cette fête dans les Evangiles, qui prétendent tantôt que la sainte cène a été instituée par Jésus-Christ pendant qu'il célébrait la pâque judaïque avec ses disciples [2], et qui affirment aussitôt qu'il expira sur la croix juste au moment où les Juifs égorgeaient aux portes du Temple l'agneau qui devait servir à leur repas ou sacrifice pascal [3], lequel par conséquent n'avait pas été célébré du vivant du Christ. Ces contradictions ont causé beaucoup de troubles à la chrétienté et faillirent même provoquer une séparation prématurée des deux Eglises. Cependant l'intention d'établir une étroite corrélation entre la pâque et la communion est également manifeste dans les deux rédactions évangéliques. Pour nous, la question se borne uniquement à examiner si la communion transsubstantielle était effectivement contenue en germe dans la pâque des Israélites; si les croyances et les idées qui s'y rattachent pouvaient se dégager par une évolution naturelle du sacrifice de Pâque tel qu'il était célébré par les Yahvistes, et si cette substitution d'un Dieu-Fils subissant la passion à l'agneau pascal constitue réellement une transformation vraisemblable et naturelle des croyances et des rites judaïques.

1. *Dictionnaire historique, critique, etc. de la Bible*, par DOM AUSTIN CALMET, religieux bénédictin, abbé de Nancy; 2e édit., Genève, 1730.
2. Les trois synoptiques.
3. Saint Jean, *Evangile*, XIII, 2 et sq.

Nous admettrons qu'il y a évolution progressive toutes les fois qu'un rite quelconque se dématérialise relativement, s'adoucit dans ses formes ; tandis que la croyance qui l'inspirait à l'origine se développe parallèlement, prend un caractère plus moral, plus philosophique ou plus esthétique. L'évolution est régressive au contraire si la transformation s'opère en sens inverse ; et nous appellerons la dégénérescence d'un rite ou d'un mythe tous les cas, assez fréquents dans la science comparée des religions et dans l'ethnographie, lorsqu'une pratique persiste sous une forme grossière ou révoltante, tandis que la croyance qui l'a engendrée s'est perdue ou s'est considérablement modifiée et qu'elle aurait pu être traduite par des pratiques moins scandaleuses par rapport aux mœurs, hiératiques ou profanes, de l'époque. Comme l'un des exemples les plus frappants de ces rites dégénérés, nous pouvons citer l'anthropophagie des Battas du Sumatra [1] qui, très probablement, a dû ses origines à des tendances de communier avec la divinité, en la dévorant sous l'espèce d'une hostie humaine dûment consacrée. Aujourd'hui, les croyances qui s'y rattachaient ont disparu, et les terribles boucheries des Battas n'ont plus que le caractère d'une cruelle vengeance sociale, d'anthropophagie juridique ou pénale.

Les taurobolies de certains bachiques peuvent être considérées comme des transformations progressives des omophagies humaines dionysiaques, bien que la croyance qui inspirait l'une et l'autre n'ait que peu ou point évolué ; mais il y a eu un adoucissement relatif des formes extérieures. La communion végétarienne, éleusinienne ou chrétienne, substituée à une taurobolie dionysiaque, aurait aussi constitué un développement naturel et progressif des mêmes croyances et des mêmes rites, correspondant à une période d'activité intellectuelle plus intense et mieux dirigée, de coutumes et de mœurs plus humaines et plus raffinées.

La communion chrétienne est-elle une métamorphose progressive, régressive ou dégénérée de la pâque juive ?

Le côté ritualiste et symbolique de cette fête est pauvre et peu intéressant : la pâque n'était qu'un de ces *chelamim* habituels, une de ces mangeries devant l'Eternel, dont il a déjà été parlé. Les frais principaux du repas étaient un agneau (ce qui donne une teinte démocratique à cette fête, dont la célébration était obligatoire pour les pauvres comme pour les riches) ; l'*âme de sa vie*, c'est-à-dire son sang, était, suivant l'habitude, réservée à l'Eternel ; mais il y eut un temps où, au lieu de le répandre au pied de l'autel, comme cela se prati-

1. JUNGHUHN, ouvrage cité. — WAIZ et GERLAND, *Anthropologie der Naturvölker.*

quait pour d'autres victimes, le sang de l'agneau pascal était destiné à badigeonner le dehors des portes des maisons où le sacrifice était célébré [1]. On sait que ce badigeonnage devait servir de signe extérieur de ce que la maison était habitée par une famille des élus ayant dûment acquitté, suivant la règle, l'impôt de sang perçu par l'Eternel. Quant aux pains sans levain qui figurent dans le menu du repas pascal, on ne saurait leur attribuer aucune valeur spécifique, puisqu'ils figuraient aussi dans les autres sacrifices des Hébreux [2]. Suivant toute probabilité, les pains *azymes* ne sont qu'un indice du caractère archaïque de cette fête, comme ailleurs les couteaux de pierre qui étaient de rigueur pour immoler les victimes des sacrifices, tandis que ceux réservés aux usages profanes étaient déjà en métal : on n'en connaissait peut-être pas d'autres à l'époque où le sacrifice fut institué.

Les souvenirs de la sortie d'Egypte jouent incontestablement un grand rôle dans cette fête, qui se célébrait à la pleine lune, à l'équinoxe du printemps. Or il se trouve précisément que, le 14 du mois, les Egyptiens célébraient aussi une fête, dont le caractère génésiaque était fortement accusé. A cette fête, Set-Typhon, le dieu de toutes les turpitudes et conséquemment aussi celui des amours déréglées, était immolé dans la vallée du Nil sous forme de cochon, dont il était plausible à tout fidèle observateur du culte d'Osiris de manger lors des solennités de cette fête ; mais, tous les autres jours de l'année, la chair de cet animal était considérée tout aussi impure en Egypte qu'en Judée. Après le repas de chair de porc, tout honnête Egyptien était tenu de rendre les devoirs conjugaux à sa compagne.

Il paraît que le nome Nitriotique, au sud d'Alexandrie, se distinguait de tous les autres nomes égyptiens par cette particularité que, le 14 du mois, on y immolait un agneau au lieu du cochon [3]. Il se peut cependant que cet usage ne date que du temps de l'hellénisation de la basse Egypte sous les Ptolémées. — En fût-il autrement, que cette coïncidence de dates et de la victime n'autoriserait point une idée d'emprunt ; dans la science des religions comme en linguistique, ces ressemblances ne sauraient avoir de valeur que si elles sont corroborées par d'autres preuves et si elles sont appuyées de l'histoire

1. Ce badigeonnage devait être fait avec un goupillon fait d'hyssope, plante sacrée des Egyptiens.

2. *Nombres;* aussi *Lévit.*, II, 4 et 11.

3. L. Ganeval, ouvrage cité. L'auteur connaît l'Egypte, qu'il a habitée et dont il a étudié les antiquités. Malheureusement, il plaide sa cause avec un excès de zèle qui l'emporte souvent au delà des limites de la saine critique. Je ne puis non plus partager sa croyance en un christianisme pur, qu'il appelle *paulinien*, et qui aurait été faussé par les conciles et les Eglises.



du rite ou du mot. Quel est le peuple d'ailleurs qui n'ait célébré par des fêtes les dates des pleines lunes, des équinoxes et des solstices, ces étapes naturelles du prodigieux mouvement de notre système solaire? — Le rituel de la Pâque a pu subir des influences étrangères, mais la fête considérée dans son ensemble ne nous en apparaît pas moins comme un produit légitime de la religion judaïque.

Le nom de *pesah*, qui signifie passage ou transition, s'applique également à cette fête, soit qu'on la considère à son point de vue de fête solaire marquant le passage d'une année à l'autre, soit que nous l'envisagions comme un banquet commémoratif du passage du pays de l'esclavage à la terre promise. Ce double caractère de la Pâque ressort clairement de tous les paragraphes de la loi qui ont trait à sa célébration [1].

Des souvenirs d'une nature toute particulière se rattachaient chez les Juifs aux réminiscences de l'Exode : ceux de la fameuse nuit où Yahveh « passait par le pays d'Egypte en frappant tous les premiers-nés, depuis l'homme jusqu'aux bêtes [2] ».

De quel droit l'impitoyable tyran de l'Ancien Testament s'adjugeait-il ainsi les premiers-nés d'un peuple qui avait d'autres dieux? — C'est ce que les Hébreux se gardaient bien de lui demander, heureux de ce que cette perception d'un impôt, inique à l'égard de leurs ennemis, leur valait une de ces rares faveurs, tout à fait gratuites, auxquelles leur seigneur et maître ne les avait pas habitués. Non pas qu'il les eût déclarés exempts désormais de la sanglante redevance que leurs oppresseurs acquittèrent pour eux dans cette nuit lugubre du « passage de l'Eternel [3] » ; mais il consentait du moins à se payer d'une monnaie moins précieuse : il acceptait la vie des petits des brebis (ou des chèvres) en expiation de celle des premiers-nés de l'homme dans Israël.

J'ai déjà cité les textes formels qui démontrent que non seulement tout premier-né des hommes était légalement dû au Seigneur, mais qu'il y eut même un temps où le rachat n'était pas toléré. Le paragraphe du livre des *Nombres* qui règle les revenus des sacrificateurs et des lévites [4] nous paraît très remarquable, en ce sens qu'il rend obligatoire le rachat des premiers-nés de l'homme en même temps que de ceux de tout animal reputé impur, c'est-à-dire de tous ceux qui ne sont pas bons à manger; tandis qu'il réitère la défense de racheter les premiers-nés de tous les animaux domestiques qui ser-

1. *Exode*, XII ; *Nombres*, XVIII.
2. *Ubi supra*.
3. C'est probablement à « ce passage » surtout que la fête de Pâque doit son nom.
4. *Nombres*, XVIII, 16.

vaient de nourriture habituelle aux Israélites, ceux-là doivent être présentés en chair et en os à l'Eternel. — Il y eut donc un temps où l'homme aussi était considéré pur, c'est-à-dire bon à manger ; et ce fut aussi l'époque où les enfants premiers-nés devaient être immolés à Yahveh. Ceci nous conduit naturellement à la supposition que les sacrifices humains des Hébreux avaient aussi leur origine dans l'anthropophagie primitive. C'est une hypothèse, mais une de celles qui s'imposent impérativement, parce qu'elle établit un parallélisme rigoureux entre l'évolution du *pesah* israélite et le développement des sacrifices analogues chez les autres peuples connus, et parce que tout ce que nous savons avec certitude de cette évolution vient corroborer l'exactitude de notre supposition.

Une divergence essentielle entre la pâque et la communion transsubstantielle ne s'en accuse pas moins très nettement dès les premiers pas de leurs évolutions. Fidèle au principe qui inspire tous ses sacrifices ou tous ses banquets religieux, le Juif anthropophage [1] dévorait lui-même son premier-né en en réservant le sang, comme d'usage le sang et les morceaux de choix à ses divinités ; mais il n'attachait aucune idée de transsubstantation à ce repas hideux, il ne croyait pas manger son dieu personnifié dans la victime. Aussitôt que l'homme fut dégoûté du cannibalisme, il cessa d'en manger, et la victime fut dévorée désormais en entier par la divinité [2]. Le sacrifice humain, de *chélam* qu'il était à l'origine, fut élevé au degré d'un *ola* et, comme tel, réservé pour les occasions particulièrement solennelles. Ceci nous explique suffisamment, à mon avis, pourquoi les sacrifices judaïques n'ont pas conservé de traces aussi évidentes de leur anthropophagie originelle, que chez les peuples à communions transsubstantielles.

Du moment que le Juif ne se nourrissait plus de chair humaine, il n'avait nul besoin d'en manger une portion quelconque pour la communion. Ayant laissé dévorer son premier-né par l'Eternel, il pouvait simplement assister au repas divin avec la conscience du devoir accompli, et rien ne l'empêchait ensuite d'inviter son souverain maître à un *chélam* de viande de bœuf ou d'agneau, de pain (pourvu qu'il n'y eût point de levain) ou de gâteaux (pourvu qu'ils fussent sans miel) [3].

Un moment dut venir naturellement où cette redevance, bien qu'épurée de toute anthropophagie, ne laissait pas que de froisser

1. Il serait peut-être plus correct de dire l'ancêtre anthropophage des Juifs.

2. « Passée par le feu, » c'est le terme consacré. Il ne faut pas oublier que Yahveh lui-même a été qualifié plus d'une fois de « fournaise ardente ».

3. Voir les passages des Ecritures mentionnés à l'occasion des pains azymes, et, plus particulièrement, les prescriptions relatives au sacrifice perpétuel.

péniblement les sentiments les plus légitimes d'homme et de père.

Un récent auteur allemand [1] nous fait observer, avec beaucoup de raison, que le sens primitif du mot péché n'était que celui d'une redevance non acquittée. L'expiation dans cet ordre d'idées ne pouvait guère signifier autre chose que l'accomplissement du sacrifice retardé. Cette observation nous rend parfaitement compte de cette sensation de douleur et d'oppression, dominante dans une grande partie des productions littéraires du peuple juif, qui semble osciller perpétuellement entre la crainte de pécher — c'est-à-dire de devenir débiteur insolvable devant l'Eternel — et la désolation du père qui vient d'accomplir la terrible obligation « en immolant le fruit de ses entrailles pour l'expiation de son péché ».

La Pâque, telle qu'elle nous est connue, rend, avec autant de dramatisme que le comporte le ritualisme sec et mesquin des Hébreux, toutes les péripéties de cette évolution, dont nous venons de retracer sommairement les principales étapes. La désolation des pères prêts à s'acquitter du devoir sanglant (figurée par le jeûne qui précède le repas); la solennité de la joie grave et recueillie de l'heureux moment où l'intraitable créancier céleste daigne enfin se contenter du modeste sacrifice d'un agneau, à la seule condition qu'il soit sans tare, etc. ; l'empressement que l'on met à acquiescer à son désir : — tous ces moments pathétiques se retrouvent sans peine dans cette fête, dont le rituel n'a été rédigé qu'à une époque où les souvenirs de l'anthropophagie originelle et des sacrifices sanglants qui s'ensuivirent ne hantaient plus que vaguement les esprits des fidèles [2]. M. J. Wellhausen a peut-être raison en ce sens que « la grande affaire » de la Pâque, telle que nous la connaissons par l'*Exode*, n'est pas l'immolation des enfants premiers-nés ou les plus chéris, mais bien « l'expiation », le rachat, de ces petits êtres innocents par le sacrifice de l'agneau.

Seulement, il faut bien se garder d'attribuer à ce mot d'expiation le sens consacré par bientôt vingt siècles de mysticisme dionysiaque et chrétien. N'oublions pas surtout que la fête dont l'expiation était le but principal (elle expiait un crime bien plus grave encore que la simple insolvabilité devant Jéhovah, celui d'avoir offert à un autre dieu ce sacrifice dont l'archigète de Jérusalem s'était réservé le monopole) n'était pas la Pâque, mais le *kippour* [3] avec son rituel bien distinct et son bouc émissaire bien connu.

1. Julius Lippert, *Christenthum, Volksglaube und Volksbrauch*.

2. La grande difficulté que présente l'interprétation de certains passages de la Bible résulte précisément de ce que la grande majorité des légendes qui y sont rapportées figurent sous un jour faux, produit de la rédaction tardive de cet ouvrage.

3. Célébrée le 10e jour du 7e mois; *Lévit.*, XVIII, 27.

Résumons : le Juif, en mangeant l'agneau pascal, n'avait nulle idée de manger son dieu, et bien malin serait celui qui découvrirait une trace ou un germe quelconque de transsubstantiation divine dans le rituel de cette fête. Yahveh n'était pas d'humeur à se sacrifier au salut de ses fidèles : le comble de sa complaisance était de se contenter du sacrifice d'un agneau, auquel — entre parenthèses — il était rigoureusement défendu de briser les os, probablement pour éviter ces rites cruels qui étaient de rigueur dans les taurobolies et les criobolies des gentils. Il n'entrait pas dans la conception des Juifs que le péché, c'est-à-dire un arriéré d'impôt, pût être expié autrement que par l'acquittement formel, c'est-à-dire par la consommation du sacrifice; et le caractère de *passion* expiatrice que l'Eglise primitive avait accolée à la Pâque des Juifs ne reposait que sur une fausse interprétation de ce mot d'expiation (dont le sens chrétien paraît absurde et blasphématoire aux Juifs, même de nos jours) et sur une étymologie ridicule qui faisait dériver le nom de *pesah* du grec πασχω, je souffre [1].

La Pâque méritait bien son nom juif de « passage », puisqu'elle était basée sur la légende du *passage* de Yahveh en ange exterminateur sur le pays d'Egypte, puisqu'elle marquait le *passage* d'une année à l'autre dans le calendrier juif, puisqu'elle était célébrée en commémoration du *passage* du pays de la servitude et de l'exil à la terre promise d'abondance et de liberté, puisqu'enfin sa « grande affaire » a été le *passage* du régime des sacrifices humains à celui, plus doux, de victimes animales [2].

Quant à l'idée de résurrection, qui est si indissolublement rattachée à la communion et à la pâque chrétienne, on n'en trouve pas non plus, ne fût-ce que les premiers rudiments, dans la *pesah* des Juifs; et lorsque, aux temps postérieurs, les Israélites voulurent attacher à leur rituel pascal un indice symbolique de ce dogme de la renaissance à une vie nouvelle (qui, en tant qu'il n'est pas égyptien, phénicien ou grec, a été emprunté au mazdéisme), ils ont fait comme nous : ils ont ajouté un œuf rouge ou peint de couleurs gaies et voyantes à leur menu d'agneau et de pains azymes [3]. Fait d'autant plus curieux à noter que l'idée d'un *œuf du monde* et d'un *fils de la vie* (Thammuz), Dieu-Soleil qui meurt et qui ressuscite aux solstices ou aux équinoxes, joue un rôle si important dans les mythologies chaldéenne et cana-

1. Dom A. Calmet, ouvrage cité.
2. Konrad Schwenk, *Mythologie der Semiten*.
3. L'usage des œufs de Pâque, dorés et colorés, semble être d'origine mazdéenne; mais il était aussi très répandu en Egypte, avant de s'être généralisé en Grèce et en Italie; cette généralisation de l'œuf de Pâque en Europe est de beaucoup antérieure au christianisme. — Voir Sepp, *Geschichte des Heidenthums*.



néenne, et nous avons des preuves certaines que ce même amant et fils d'Achtaroth, le phallique Bel-Phégor, a été adoré au temple de Jérusalem à une époque historique. Mais toute l'évolution du judaïsme proprement dit se réduit à ce que le culte monolâtre et exclusif de Yahveh se dégageait de plus en plus à chaque étape nouvelle de tout lien de parenté avec le naturalisme primitif des Sémites.

VI

Supposons que nous assistons à une orgie bachique ou dionysiaque, dans une partie hellénisée quelconque de l'immense empire de Tibère.

Si c'est une de ces nombreuses cérémonies qui se célébraient au grand jour et qui étaient tolérées par les lois, un taureau va être dépecé vivant, pour que les initiés extatiques puissent s'assimiler la substance divine en dévorant les lambeaux de chair palpitante arrachés à ses flancs et en s'abreuvant de son sang divinisé [1]. Mais si l'omophagie est nocturne, si elle est organisée par une de ces sociétés religieuses secrètes, dont Tite-Live [2] mentionne l'apparition, à Rome même, déjà en 186 avant Jésus-Christ, c'est un des initiés qui subira la « passion » salutaire, qui divinise les êtres les plus dégradés.

Supposons que, vers les commencements de l'ère chrétienne, un homme se présente, indigné par l'atroce spectacle qui va se dérouler devant ses yeux. Emporté par un noble élan, il veut se dévouer pour empêcher la foule affolée des ménades et des bacchants d'accomplir l'acte abominable par lequel ils cherchent à ramener la paix dans leurs âmes énervées par toutes les turpitudes, par le désœuvrement et les ennuis de cette existence des Romains aisés qui, depuis longtemps, ont perdu tout sentiment civique de leurs beaux jours et qui ont vendu tout idéal humain pour le plat de lentilles d'un luxe effrénée et des plaisirs faciles.

A la question : « Qui es-tu et que viens-tu faire ici ? » — l'inconnu répond : « Je suis fils de Zeus tout-puissant et d'une vierge mortelle que le père des dieux et des hommes a aimée dans un de ses moments perdus. Dieu par droit de naissance, médiateur naturel entre les mortels et la puissance mystérieuse qui nous régit, je viens, de mon plein gré, me diviniser encore en subissant librement la passion par laquelle vous croyez élever au rang de dieu la victime misérable que

1. A. Maury, Décharme, Sepp, ouvrages cités.
2. *De urbe cond.*, XXXIX. — M. Duruy, ouvrage cité, donne la reproduction d'une partie du célèbre sénatus-consulte contre les bacchanales.

voilà. Détachez-la pour que je me substitue à sa place, et quand je serai ressuscité dans ma gloire, après avoir succombé au supplice affreux que vous m'infligerez pour le salut de vos âmes, je m'engage à m'incarner dans le premier morceau de pain, à déverser mon sang dans chaque coupe de vin que vous boirez, après vous être purifiés par l'eau lustrale, après avoir purifié vos cœurs par de pieuses pensées, et en vous souvenant de l'exemple de dévouement que je vous donne. Mais, de votre part, vous vous engagerez aussi à ne plus immoler de victimes humaines ou animales : elles seraient inutiles d'ailleurs, puisque mon sacrifice volontaire expie tous les péchés de ceux qui adhéreront à la nouvelle alliance, au pacte que je suis prêt à sceller de mon sang divin. »

Historiquement, ce petit roman est absurde, et ce n'est, certes, pas ainsi que se fit en réalité la substitution des espèces éleusiniennes, du pain et du vin, aux hosties sanglantes des rites dionysiaques. Mais le tableau n'en est pas moins ici dans son cadre naturel. On conçoit sans peine que la vue des atrocités qui se commettaient dans les pratiques de ces cultes ait inspiré un semblable dévouement, qui ne peut manquer, s'il est accepté, d'avoir une portée historique. Le généreux novateur et les bacchants extatiques, dégoûtés de la vie et tremblants devant la [illegible], se comprennent à merveille ; ils parlent le même langage, leurs cœurs et leurs imaginations sont au même diapason. Il n'y a donc pas d'obstacle à ce que la proposition du réformateur soit acceptée. Et alors le rite dionysiaque, sans s'écarter d'un cheveu de la direction qu'il a suivie à partir de ses sombres origines, aura fait un pas de plus dans son évolutution naturelle : l'idée qui l'inspirait se sera spiritualisée et anoblie, en même temps que son côté symbolique se sera simplifié, tout en se dépouillant des pratiques hideuses et indignes des hommes policés.

Transportons notre hypothèse dans un milieu tout différent. Supposons que le même langage soit tenu devant une réunion de Juifs assemblés pour manger l'agneau pascal. Notre petit roman, transplanté ainsi à Jérusalem, n'aura certes rien gagné au point de vue de la vraisemblance historique, mais il sera devenu psychologiquement absurde, et nous nous trouverons sur un terrain hérissé à chaque pas de contradictions flagrantes et d'insurmontables difficultés.

En premier lieu, le rituel simple du sacrifice de la pâque ne présente aucun de ces détails révoltants qui auraient pu froisser les mœurs les plus raffinées de l'époque, et l'on se demanderait en vain quels mobiles inspiraient le réformateur présumé qui vint offrir sa vie en expiation de celle d'un agneau, dont des milliers étaient immolés tous les ans pour

les simples besoins de la table... Mais passons outre ce premier embarras, qui n'est peut-être pas aussi spécieux qu'il en a l'apparence; supposons que, poussé par un délire inexplicable de dévouement, le courageux novateur ait prononcé devant une assemblée de Juifs un discours analogue à celui qui vient d'être mentionné. Il est évident que l'assemblée et ce nouveau venu ne sauraient guère se comprendre. « Tu te prétends fils de Dieu, n'aurait certes pas manqué de lui répliquer quelque rabbi aux cheveux blancs, le plus respecté de la compagnie ; mais nous le sommes tous ici, tant que nous nous conformons à la voie du Seigneur; et, si tu entends la paternité divine dans le sens des gentils, tu n'es qu'un blasphémateur. *El Chaddaï* ne paillarde pas avec les filles mortelles. Choses semblables arrivaient dit-on, du temps de nos ancêtres les plus reculés, mais nos saintes Ecritures sont ténébreuses sur ce sujet. Toutefois, nous savons qu'il ne peut naître de ces unions que des *néphalim* monstrueux, ennemis des cieux et des hommes. »

Les difficultés ne feraient que s'accroître à chaque phrase du discours de l'inconnu. « Expier nos péchés par tes souffrances! C'est comme si tu nous proposais de te couper le nez et les oreilles pour nous acquitter de la redevance de tant de mille chekels qui servent à l'entretien de nos lévites, troupeau expiatoire que notre divin Berger s'est particulièrement réservé. Double blasphémateur! Va te faire pendre ailleurs si tel est ton bon plaisir; mais ne trouble pas la solennité de notre fête par tes paroles, qui nous semblent odieuses et insensées! »

En y mettant beaucoup d'insistance, et s'il tombait sur des compagnons irascibles, le réformateur présumé aurait peut-être réussi à se faire pendre sur place; et on dit que cela est arrivé en effet. Mais depuis bientôt deux mille ans, ni les orthodoxies chrétiennes, ni la science sceptique, ne nous ont pas encore expliqué comment une réforme de cette nature a pu surgir du sein de ce yahvisme judaïque qui ne contenait pas un seul des rudiments spécifiques des religions à passions expiatrices et à communions transsubstantielles.

L'idée de manger son Dieu sous n'importe quelles espèces est du nombre de celles qui ne peuvent naître que spontanément dans les cerveaux d'un peuple à l'état d'enfance; elle est de ces idées qui vivent et qui évoluent parallèlement aux progrès sociaux, en se métamorphosant pas à pas, en se transformant à chaque étape juste ce qu'il faut pour que leur monstrueuse absurdité puisse se dérober à la faveur des vapeurs, denses et enivrantes qui enveloppent toutes les conceptions mystiques des cultes basés sur l'extase et l'exaltation. Pour que l'in-

telligence d'un peuple, fût-il des moins bien doués de la terre, ne la rejettât pas à son réveil, il a fallu qu'une longue chaîne de souvenirs chéris, que la routine de plusieurs siècles plaidassent en sa faveur. Cette considération suffit à elle seule pour nous expliquer pourquoi le christianisme a eu de tout temps si peu d'adeptes parmi les Juifs, qui sont censés pourtant l'avoir inventé [1].

Bien avant l'ère chrétienne, le rituel des Juifs avait déjà achevé son évolution. Non seulement la mise en scène de leur sacrifice, pascal ou autre, n'avait plus rien qui pût choquer les mœurs de l'époque césarienne, mais les plus avancés d'entre les adorateurs de Yahveh étaient déjà parvenus à reconnaître l'inanité de tous les ritualismes et de tous les sacrifices. Avant la naissance de Tibère, voire même de Jules, leur Dieu avait déjà proféré les mémorables paroles que voici : « Je suis rassasié d'holocaustes de moutons et de graisse de bêtes grasses ; je ne prends point de plaisir au sang des taureaux, ni des agneaux, ni des boucs... Ne continuez plus à m'apporter des oblations de néant ; le parfum m'est en abomination ; et pour ce qui est des nouvelles lunes, et des sabbats, et de la publication de vos convocations, je n'en puis plus porter l'ennui, ni de vos assemblées solennelles... Vos mains sont pleines de sang. Lavez-vous, purifiez-vous, ôtez de devant mes yeux la malice de vos actions ; cessez de mal faire [2]. » — « Celui qui marche dans la justice, et qui va avec droiture ; qui rejette le gain acquis par extorsion, et qui secoue ses mains pour ne point prendre de présent ; qui bouche ses oreilles pour ne point ouïr des paroles de sang..., celui-là habitera dans les lieux élevés [3]. » — « Faites droit à l'orphelin, défendez la cause de la veuve [4]. »

Ces belles paroles, qui sont si éloignées de l'esprit général qui domine ce recueil disparate appelé la *Bible*, marquent le faîte auquel peu de religions se sont élevées et que nulle n'a dépassé : elles nous mènent droit au seuil de ce domaine, bien plus beau que tous les temples, où il n'y a plus de place pour les sacrifices ni pour les rites, puisqu'on n'y célèbre point de cultes : on n'y adore que la vérité, et l'on n'y pratique que la justice tout humaine.

Je ne puis citer tous les passages — tant ils sont nombreux — de ce livre d'Isaïe, où le Yahveh judaïque fait entendre à son peuple, aussi clairement qu'un dieu peut parler, qu'ils n'ont plus rien à attendre de lui, mais tout d'eux-mêmes ; qu'aucun rédempteur ne viendra pour les

1. Justin le Martyr avait fait cette observation au IIe siècle de J.-C.
2. *Esaïe*, ch. I, 11, 12, 15, 16.
3. XXXIII, 15, 16, même ouvrage.
4. *Id.*, I, 17.

sauver de leurs iniquités [1]. Après les avoir semoncés vertement, ce Dieu, devenu si humain contrairement à ses habitudes, relève le courage de ceux qu'il rudoie. Conformément à un procédé pédagogique très commun dans les circonstances analogues, il énonce l'espoir que son peuple s'amendera. Alors « c'est moi, s'écrie-t-il, c'est moi qui effacerai tes iniquités pour l'amour de moi, et je ne me souviendrai plus de tes péchés. »

Tel est ce même livre que l'on nous représente comme le prodrome ou la préface du christianisme, c'est-à-dire d'une doctrine qui enseignera que la justice et la vertu sont nulles et non avenues, sans la croyance archaïque à une unité qui est triple, sans la boucherie mystique de la passion, sans l'addition symbolique d'une bouchée de chair et d'une gorgée de sang divins! Et cela, sur l'autorité d'un verset unique [2] qui, entre les autres prodiges de l'âge prochain où cesseront toutes les turpitudes et toutes les cruautés, où un agneau reposera en sûreté à côté du lion, mentionne aussi le fait tout aussi peu vraisemblable d'une vierge enfantant un fils [3] dont le nom même indiquera que les jours de l'abandon sont passés et que « Dieu est avec nous » (*Immanou El*), mais qui sera si peu Dieu lui-même, qu'il « n'apprendra qu'avec l'âge et l'expérience à distinguer le mal du bien [4]. »

Je ne conteste pas que les prophéties dites d'Isaïe présentent quelques reflets de ce qu'on appelle « l'esprit messianique », qui brille par son absence dans les autres ouvrages de l'Ancien Testament, mais qui, dans le sens chrétien du mot, est bien plus prononcé dans les livres sibyllins et la célèbre IV[e] églogue de Virgile. Certes, à une

1. Même ch., v. 15.

2. « Yahveh! c'est toi qui es notre père, et ton nom est notre Rédempteur de tout temps » LXIII, 16). — « Je suis Yahveh, c'est là mon nom, et je ne donnerai point ma gloire à un autre » (XLI, 17). — « C'est moi, c'est moi qui suis Yahveh, et il n'y a point d'autre Sauveur que moi » (LXIII, 11). — « Je suis le premier et je suis le dernier... » XLIV, 16.

3. Ch. VII, 14.

4. Tous les utopistes ayant rêvé un âge d'or n'ont généralement pas manqué d'annoncer, au nombre de ses signes caractéristiques, un changement radical et spiritualiste des rapports sexuels. Isaïe, qui ne semble pas faire de la parthénogenèse une loi commune de son âge d'or et qui ne parle que d'une unique naissance miraculeuse annonçant l'approche de ces temps merveilleux, est resté bien en arrière sous ce rapport à M. Auguste Comte par exemple, qui ne veut décidément plus d'amour charnel dans son « âge positif » de l'humanité, quitte à le remplacer par une sorte d'onanisme perfectionné que les progrès de la science auront rendu productif ou fécond. — Il me paraît évident que, en annonçant la naissance miraculeuse de son Emmanuel, Isaïe ne songeait guère au Messie : celui-ci devait être de la postérité de David, et les Juifs ne tenaient point compte de la descendance ni de la parenté par les femmes. Lorsque l'évangéliste s'évertue à rattacher la mère du Christ à la souche des rois de Judas, il fait preuve de son ignorance de la conception judaïque de la famille. D'ailleurs, le récit évangélique de a naissance du Christ s'éloigne essentiellement de la parthénogenèse isaïque, et le symbole de Nicée donne formellement pour époux à Marie le Saint-Esprit. Malgré les réticences ascétiques du langage, nous y voyons reparaître cette idée de commerce charnel du Dieu avec une vierge mortelle, qui est si essentiellement blasphématoire aux yeux des Israélites, mais qui joue un rôle si important dans la mythologie dionysiaque.

époque voisine de l'ère chrétienne, il y a eu un courant d'idées absolument étrangères au judaïsme et qui a pénétré, en partie du moins, jusqu'en Judée; mais la comparaison entre les prophètes d'un côté et les sibyllins et Virgile de l'autre, doit bien nous convaincre que le foyer du mouvement n'était pas sur les bords du lac de Galilée.

N'est-il pas évident que l'on confond généralement sous le nom de messianisme (qui est la traduction exacte de christianisme en langue hébraïque) deux choses essentiellement distinctes et qu'il est facile et nécessaire de séparer : 1° la croyance au rétablissement de l'indépendance nationale et politique de la Judée; 2° l'attente d'une nouvelle incarnation divine qui laverait les souillures du genre humain. Un Hérode le Grand ou un Bar Cochéba réussi auraient bien mieux répondu à l'attente messianique des Israélites qu'un vrai Dieu-le-Fils prêchant la soumission aux autorités romaines et donnant un démenti solennel à son Père supposé par la déclaration formelle que son royaume n'était pas de ce monde. Yahveh s'était donc joué de son peuple élu, auquel il a si peu parlé de cet autre monde, où ses promesses pouvaient être réalisées, que les Juifs n'en avaient eu nulle idée avant leur contact avec les mazdéistes de la Perse. Certes, ce n'est pas ainsi que l'entendaient les auteurs des prophéties isaïques quand ils affirmaient que tous les malheurs des Juifs provenaient uniquement de ce qu'ils avaient pris trop à la lettre les prescriptions de l'ancienne loi, qui leur faisait accroire que l'on se rapprochait de l'Eternel en mangeant devant lui la chair des victimes immolées suivant certains rites, et en gorgeant l'Eternel lui-même de viandes, de gâteaux et de parfums. « Revenez de vos erreurs, rapprochez-vous de Dieu par l'amour de la vérité, par la pratique de la justice, et il tiendra ses promesses dans ce monde, dût-il recourir aux miracles. C'est ainsi que votre joug sera brisé; vous deviendrez le peuple le plus puissant de la terre, et ceux-là même qui vous oppriment aujourd'hui, se ploieront alors à votre loi. Or, puisque cette loi est juste, toutes les nations seront sauvées en vous imitant, de gré ou de force. C'est alors qu'arrivera cet âge d'or si impatiemment attendu, où il n'y aura plus de crime ni de misère, où l'agneau dormira tranquille sous la garde du lion et où les vierges enfanteront. » Dans les peintures qu'ils font de cet avenir désirable, les prophètes juifs se sont certainement servis de quelques couleurs qui ne se retrouvent point sur la palette du judaïsme pur des temps antérieurs; mais la note dominante est bien topique : n'attendez point de Rédempteur; il n'y en a point d'autre que le Dieu de vos pères. Il a fait son devoir; vous seuls avez failli. C'est là le Nouveau Testament des

Juifs, la dernière étape de leur évolution religieuse, et le christianisme le plus pur ne pouvait rien y ajouter.

Quant au messianisme chrétien (ce pléonasme m'est imposé par les idées courantes sur l'origine judaïque du christianisme), il repose en entier sur l'attente d'une nouvelle incarnation divine, de la naissance d'un nouveau médiateur entre l'humanité et Dieu. Dans cet ordre d'idées, les peuples auraient beau pratiquer la justice et la vertu; si Dieu ne leur fait pas la grâce de descendre sur cette terre et d'y subir la passion qui lavera nos péchés, le genre humain sera à jamais damné. Cette idée n'avait rien de nouveau, ni de local, dans l'empire romain sous Tibère, et de toutes les nations artificiellement unifiées par la « paix romaine » il n'y avait peut-être que les Juifs dont la religion fût absolument étrangère à ces conceptions d'incarnations divines, de rédemption par la passion d'un Dieu fils et de salut par la communion transsubstantielle. Ne serait-il pas pour le moins étrange que la religion chrétienne doive ses origines précisément à ce pays unique où sa naissance ait été la négation la plus flagrante des lois générales de l'évolution que la science a le mieux établies?

En ramenant la question à son point de vue ritualiste et formel, pour lequel j'ai déjà exposé ma prédilection motivée, est-il probable que les Juifs, dont le rituel séculaire reposait sur l'idée que tout sang appartient au Seigneur; qui, de génération en génération, étaient élevés dans la croyance que boire du sang est la dernière des abominations, eussent inventé ce symbôle de vin transformé en sang [1] qu'il faut boire pour se rapprocher de la divinité? Pour admettre sans examen ultérieur une version semblable, il faudrait ne tenir aucun compte du rôle important que jouent les préjugés relatifs à la nourriture dans les croyances de tous les peuples du globe; il faudrait ignorer ces aversions invincibles et organiques qui se produisent chez l'homme sous l'influence de certaines habitudes restrictives, en matière d'aliments et de boissons, quand elles se sont perpétuées pendant plusieurs générations [2].

1. L'Eglise catholique a supprimé le sang dans la communion, sous le prétexte qu'il est implicitement contenu dans la chair : ce qui ne change rien au fond de la question.

2. Prjévalsky, dans son voyage au Tibet, a rencontré des Mongols qui, demeurant sur les bords d'un lac poissonneux, ne pouvaient voir sans vomir lui et ses Cosaques manger des poissons, qui feraient les délices de nos gourmets. La rédaction évangélique nous frappe à chaque instant par son ignorance des mœurs et de l'esprit juifs. Aux exemples que j'ai déjà cités, j'ajouterai un seul détail qui n'a pas été assez remarqué. Pour faire enlever, le vendredi soir, le corps du Christ expiré sur sa croix, les Evangiles inventent une prescription juive qui prohibait de laisser, *le jour du sabbat*, les cadavres des suppliciés sur leurs gibets. Or une semblable prescription ne pouvait exister, puisque le verset 22 du chap. XXI du *Deutéronome* ordonne d'ensevelir tous les suppliciés (plus particulièrement les crucifiés) avant la fin du jour même de leur supplice. Cette ordonnance n'était point dictée par la pitié, mais par la croyance que les âmes de ceux que l'on a fait périr rôdent sur la terre et cherchent à faire du mal aux vivants jusqu'à ce que leurs corps soient ensevelis (*Talmud*, trad. Sanhedr., Rab. Bar-Nachman

Par quel miracle les Juifs, à un moment donné et sans une puissante intervention étrangère, auraient-ils été amenés à considérer comme repas sacrosaint par excellence ce qui constitue précisément le repas d'abomination, d'après leurs croyances séculaires?

in Béreschith-Rabba, c. 22). Lorsque, au v[e] siècle de l'ère vulgaire, les rabbins finirent par ajouter foi à la légende d'un Jésus mis à mort pour des attentats contre la loi Mosaïque, ils furent obligés de modifier le récit évangélique, pour le rendre conforme aux mœurs et aux usages de l'époque. D'après le Talmud de Babylone, Jésus aurait été lapidé et son cadavre mis en croix, comme cela se pratiquait, en effet, chez les Juifs.

LÉON METCHNIKOV.

LES ORGANISMES VIVANTS

ET LA MANIÈRE DE LES ÉTUDIER

Par HUXLEY

(Suite [1].)

X. — L'HYDRE D'EAU DOUCE

Hydra viridis et *Hydra fusca.*

Si, prenant une plante aquatique telle qu'une lentille d'eau, on la place dans un verre et qu'on laisse le tout quelque temps en repos, il arrivera souvent de rencontrer, attachés à la plante ou aux parois du verre, de petits corps d'apparence gélatineuse et de couleur brunâtre ou verdâtre. Ils ont une longueur de 6 à 12 millimètres et sont de forme cylindrique ou légèrement conique. De leur extrémité libre partent un grand nombre de filaments délicats, souvent plus longs que le corps et qui s'étendent dans l'eau en se contournant plus ou moins. A peine tombés, ces filaments ou tentacules se raccourcissent et se rassemblent avec le corps en une masse arrondie. Un moment après, le corps contracté ainsi que les tentacules s'allongent et reprennent leur forme primitive. Ce sont des *Polypes;* ceux qui offrent la couleur brune appartiennent à l'espèce appelée *Hydra fusca*, les verts à l'espèce nommée *Hydra viridis*. Les polypes restent d'habitude attachés longtemps à un même point, mais ils peuvent se déplacer par un mouvement analogue à la reptation d'une chenille; parfois enfin ils se détachent d'eux-mêmes de leurs supports et flottent au gré de l'eau.

Un petit animal, tel qu'une puce d'eau, vient-il en nageant au contact d'un de ces tentacules, il est aussitôt saisi par eux et amené par leur contraction à l'orifice d'une grande bouche située au milieu du cercle formé par la base des tentacules. Il passe dans la cavité qui occupe tout l'intérieur du corps; les matières nutritives qu'il contient sont dissoutes et absorbées par la substance de l'hydre et les résidus impropres à la nutrition sortent ensuite par le chemin où ils sont entrés. De petits morceaux de viande que l'on approche des tentacules sont saisis, avalés et digérés de la même manière.

Quand l'hydre est bien nourrie, des productions en forme de bourgeons apparaissent sur la partie extérieure du corps. Elles grandis-

1. Voyez la *Revue int. des sc. biolog.*, n° de juillet.

sent peu à peu et prennent la forme d'une poire. A leur extrémité libre il se forme une bouche, et tout autour d'elle il se développe de petits prolongements qui deviennent des tentacules; c'est ainsi qu'une jeune hydre procède de son parent par gemmation. Cette jeune hydre se détache tôt ou tard et mène une vie indépendante. Toutefois il arrive fréquemment que de nouveaux bourgeons se développent sur le parent en d'autres régions avant que le premier ne se soit détaché, et ces jeunes bourgeons peu vent eux-mêmes commencer à bourgeonner avant d'avoir atteint leur indépendance. De cette façon il se forme pour un certain temps des organismes composés. Des expériences ont montré que ces animaux pouvaient être coupés en deux ou en quatre et que chaque segment réparant ses pertes devient une hydre parfaite; ce qui nous amène à croire que ce phénomène de scission se présente naturellement.

Les hydres se multiplient par bourgeonnement pendant la plus grande partie de l'année; mais, pendant l'été, certaines productions apparaissent sur leur corps à la base des tentacules ou plus près de l'extrémité fixée du corps. Dans les premiers (*testicules*) il se développe un grand nombre de petits éléments dont chacun peut se mouvoir au moyen d'un cil vibratile et qui ensuite deviennent libres. Leur fonction est la même que celle des anthérozoïdes chez les plantes, et on les a appelés *spermatozoïdes*.

La proéminence qui se produit près de l'extrémité fixée du polype peut être simple, comme dans l'*Hydra viridis* (dans l'autre espèce il peut y en avoir jusqu'à huit). Elle devient beaucoup plus grande que le testicule et constitue l'*ovaire*. Il se développe à son intérieur une grande cellule unique ou *œuf*. Cet œuf, cellule nucléée volumineuse, se divise en deux segments après avoir été imprégné par les spermatozoïdes. Chacun de ces deux segments à son tour se divise en deux, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'œuf se trouve constitué par une agrégation de nombreuses petites cellules embryonnaires. La masse des cellules embryonnaires ainsi formées s'entoure d'une membrane épaisse, ordinairement tuberculeuse ou épineuse, puis, se détachant du corps, forme l'œuf qui donne naissance à une nouvelle hydre.

L'examen microscopique montre que le corps de l'Hydre est un sac dont la paroi est composée de deux membranes, l'une externe (*ectoderme*) et l'autre interne (*endoderme*). Les tentacules ne sont que des diverticules tubuleux de ce sac et par conséquent sont formés à l'extérieur par l'ectoderme et tapissés intérieurement par l'endoderme. L'ectoderme et l'endoderme sont formés tous les deux de cellules nucléées. Les cellules de l'ectoderme ont celles de leurs extré-

mités qui regardent l'intérieur du corps prolongées en forme de fibres délicates qui courent parallèlement au grand axe du corps le long de la surface interne de l'ectoderme. La couleur verte de l'*Hydra viridis* résulte de la présence de grains de chlorophylle enfouis dans le protoplasma des cellules.

Dans l'ectoderme comme dans l'endoderme, le protoplasma des cellules renferme des corps très remarquables appelés *capsules urticantes*, *cellules à filaments* ou *nématocystes*. Ce sont de petits sacs ovales, pourvus d'une paroi épaisse et élastique, et contenant dans leur intérieur un filament en roulé en spirale qui se déroule tout à coup à la plus légère pression et qui présente alors l'aspect d'un long filament attaché à la capsule et souvent pourvu à sa base de trois épines recourbées. C'est au moyen de capsules analogues que les méduses piquent si cruellement, à la façon des orties, quand on les touche; aussi paraît-il juste de croire que les nématocystes des hydres exercent une influence nuisible du même genre sur les petits animalcules qui leur servent de proie.

Ainsi, l'*Hydre* est essentiellement un organisme cellulaire analogue aux plantes inférieures, mais qui en diffère au point de vue morphologique en ce que ses cellules ne sont pas entourées d'une membrane de cellulose, et, au point de vue physiologique, en ce que ses cellules ont besoin pour se nourrir de matière protéique toute formée. La fonction des grains de chlorophylle contenus dans l'endoderme de l'hydre verte, et des particules colorées en brun ou en orangé que renferme l'endoderme de l'autre espèce est complètement inconnue.

L'*Hydre* peut donc être comparée à un agrégat d'*amibes* qui se seraient disposées de façon à former un sac à double paroi et auraient déjà subi un commencement de métamorphoses.

Il est possible que les fibres longitudinales unies aux cellules de l'ectoderme soient spécialement contractiles et représentent les muscles; mais, indépendamment de cela, chaque cellule a sa contractilité propre. On n'a pas encore trouvé de trace d'un système nerveux spécial, et la façon dont les différentes parties du corps de l'hydre combinent leur action pour un but commun, aussi bien dans la locomotion que dans l'acte de saisir une proie, n'a pas été élucidée.

L'*Hydre* ne possède aucun de ces appareils spéciaux que l'on appelle organes des sens ou glandes. La cavité du corps représente à elle seule un estomac et un intestin; il n'y a pas d'organes de circulation, de respiration ou de sécrétion urinaire. Les produits résultant de la digestion sont évidemment transmis par imbibition de cel-

lule en cellule, et les produits de désassimilation des cellules exsudés directement dans l'eau environnante.

MANIPULATION.

1. Mettez dans un verre un peu d'eau avec des corps auxquels des Hydres soient attachées et placez le verre sur une fenêtre, mais sans l'exposer directement aux rayons solaires. Au bout de quelques heures, vous trouverez plusieurs Hydres qui se sont fixées du côté du verre tourné vers la lumière. Notez leur grandeur, leur forme, leur couleur, leur mode de fixation et leurs mouvements.

2. Au moyen d'une pipette, transportez une hydre sur le porte-objet dans une grosse goutte d'eau, recouvrez d'une grande lamelle et examinez avec l'objectif n° 1. Notez :

a. La forme.

α. *La base* (aussi appelée le *pied*) : disque aplati, plus étroit ou plus large que le corps, suivant l'état d'extension de ce dernier.

β. Le *corps proprement dit :* cylindrique, de longueur et de diamètre très variables suivant l'état d'extension de l'animal; son extrémité libre conique, avec l'orifice (*bouche*) qui s'y trouve. Il est souvent difficile d'apercevoir la bouche de cette façon, surtout dans l'Hydre verte. Cependant on l'aperçoit facilement en mettant une Hydre dans une goutte d'eau, sans lamelle, et en observant avec l'objectif n° 1, jusqu'à ce qu'elle présente son extrémité antérieure à l'observateur.

γ. *Les tentacules :* disposés autour de la bouche; leur nombre et leur forme; leur longueur et leur diamètre variable; les petites protubérances qu'ils présentent.

δ. *Les testicules :* petites éminences coniques, incolores, situées au-dessous du point d'insertion des tentacules.

ε. L'*ovaire :* grande proéminence arrondie, incolore, située près de la base : il peut y en avoir plus d'un.

ζ. *Les bourgeons :* jeunes Hydres de taille variable et à divers états de développement, attachées sur les côtés de leur parent.

Soit δ, soit ε, soit ζ, ou bien encore tous les trois peuvent ne pas exister sur certains échantillons.

b. Structure.

α. L'animal est manifestement composé de deux couches, une extérieure, *ectoderme*, et une intérieure, *endoderme;* dans l'hydre verte cette dernière couche contient de la chlorophylle; l'ectoderme paraît

extérieurement divisé en plusieurs compartiments, qui peuvent chacun se décomposer en cellules. Ces particularités sont pourtant difficiles à distinguer sur des échantillons frais.

6. *La cavité du corps :* il est difficile de l'apercevoir dans les Hydres vertes, mais on l'aperçoit facilement dans les brunes sous forme d'un trait central plus obscur que le reste et qui se continue avec la bouche; l'extension de la cavité du corps dans les tentacules. Remarquez les corpuscules qui flottent dans leur intérieur lorsqu'ils sont étendus.

c. Mouvements.

α. La *contractilité* générale de l'animal : sans cesse il étend ou raccourcit son corps ainsi que ses tentacules, et change continuellement de forme et de place.

6. Son *irritabilité;* une pression légère ou toute autre excitation le fait immédiatement contracter.

3. Examinez à un fort grossissement : essayez d'apercevoir les diverses cellules de l'ectoderme.

α. Grandes cellules nucléées presque coniques, avec l'extrémité la plus large tournée vers l'extérieur.

6. Cellules rondes plus petites occupant les espaces laissés entre les extrémités pointues des autres.

γ. Les *nématocystes :* petites capsules ovales, pourvues à leur intérieur d'un filament spiralé, dispersées dans l'ectoderme à l'intérieur des cellules qui le composent.

4. Si l'on traite la préparation par l'aniline, les cellules se colorent, elles émettent leurs nématocystes et les filaments de ces derniers sortent. Il y a trois formes principales de nématocystes :

α. Une capsule ovale pourvue d'un filament plusieurs fois long comme la capsule elle-même et attaché à l'une de ses extrémités, avec trois courtes épines qui partent en rayonnant de la base du filament.

β. Nématocystes plus petits, sans épines rayonnantes et avec un filament court.

γ. Cellules semblables à 6, mais munies d'un filament bien plus long.

5. Montez par inclusion dans la paraffine une Hydre après l'avoir fait durcir dans l'acide chromique ou osmique [1] et débitez-la en tranches minces; ou bien, après avoir étendu sur une lame de verre

1. Si on met d'emblée une hydre dans un de ces liquides durcissants, elle se contracte presque toujours au point qu'il est difficile d'y pratiquer des coupes. Il vaut mieux la tuer de la façon suivante : on la plonge dans une quantité d'eau à laquelle

une Hydre préparée, pratiquez-y au moyen d'un rasoir des coupes transversales. Ayant réussi à obtenir par l'une ou l'autre méthode un certain nombre de coupes fines, montez-les dans la glycérine et observez :

α. Les grandes et les petites cellules de l'ectoderme avec leurs nématocystes, leur arrangement et leurs relations entre elles (§ 3).

β. Les cellules de l'ectoderme; grandes, nucléées, avec une base aplatie et une extrémité libre arrondie : leur disposition sur une seule couche.

γ. La couche peu épaisse (*couche musculaire*) intermédiaire à l'ectoderme et à l'entoderme.

δ. La cavité du corps.

6. Dissociez dans l'eau une Hydre traitée par l'acide chromique faible (à 1 0/0) ou par l'acide osmique; observez les différentes sortes de cellules décrites plus haut; remarquez les prolongements ramifiés qui procèdent des extrémités étroites des grandes cellules ectodermiques.

[7. Dissociez dans l'eau une hydre fraîche et observez les diverses formes de cellules. Remarquez les mouvements amiboïdes présentés par quelques-unes et le cil unique qui est attaché à d'autres (cellules de l'entoderme)].

8. Comprimez légèrement un testicule dans l'eau en pressant sur le couvre-objet et examinez à un fort grossissement. Suivant son état de maturité, vous y trouverez contenu :

α. Une collection de petites cellules ectodermiques.

β. Les mêmes ayant perdu leur noyau, et de venues hyalines.

γ. Cellules de tout point semblables à β, mais pourvues d'un long filament.

δ. *Spermatozoïdes mûrs :* corps constitués par un tête ovale très petite à laquelle fait suite un filament très délicat, au moyen des mouvements duquel il nage dans l'eau environnante sitôt qu'il est mis en liberté. Il est souvent possible d'apercevoir des spermatozoïdes mobiles à l'intérieur du testicule intact.

9. Comprimez un ovaire; suivant le point auquel son développement est arrivé, vous y trouverez :

α. De simples cellules ectodermiques, avec une prédominance inusitée de petites cellules.

β. Au milieu des cellules semblables à α, une plus grande et plus brillante que les autres et pourvue à son centre d'une tache claire.

on ajoute un peu d'eau bouillante. On obtient ordinairement de la sorte des hydres parfaitement étalées, et propres à être soumises au durcissement.



γ. Un amas assez considérable de protoplasma granuleux autour de cette cellule, le tout formant un corps consistant en une masse protoplasmique, dans laquelle se trouve une vésicule ronde et brillante contenant à son tour une tache ronde bien distincte.

δ. L'*œuf mûr :* consiste en un amas de protoplasma irrégulièrement ramifié (*vitellus*) au centre duquel se trouve un espace brillant (*vésicule germinative*), contenant elle-même un autre corps (*tache germinative*).

ε. L'*œuf segmenté :* composé d'un grand nombre de petites cellules. Il est enveloppé d'une capsule épaisse, rugueuse à sa partie externe.

XI. — LA MOULE D'EAU DOUCE

Anodonta Cycnæa

Sous le nom de « Moule d'eau douce » on comprend deux formes distinctes d'animaux que l'on rencontre souvent en grand nombre dans nos ruisseaux et rivières; savoir l'*Anodonte* et deux ou trois espèces d'*Unio*. Ici, l'*Anodonte* est prise spécialement comme objet d'études; mais, si l'on fait abstraction de la coquille, ce que nous en dirons peut s'appliquer de tous points à l'*Unio*.

L'animal est enfermé dans une coquille composée de deux pièces ou valves, qui sont latérales, ou droite et gauche, par rapport au plan médian du corps. L'extrémité large et arrondie de la coquille est antérieure, l'extrémité effilée postérieure. Mettons l'*Anodonte* dans un vase plein d'eau au fond duquel est disposée une couche suffisamment épaisse d'un fin limon ou de sable, l'eau étant d'ailleurs parfaitement limpide; l'*Anodonte* va enfoncer en partie dans cette vase son extrémité antérieure dirigée obliquement et en bas, tandis que le long du bord central, les val ves s'écarteront légèrement. Le long des bords de cette ouverture de la coquille on voit apparaître les marges épaisses du *manteau*, partie du corps enfermé dans cette coquille,et entre elles un organe blanchâtre, charnu, en forme de langue, — le *pied* — qui fait souvent saillie et qui sert à perfectionner les mouvements lents dont l'*Anodonte* est capable. Si l'on jette dans l'eau, tout près de l'ouverture de la coquille, quelque matière colorante en poudre très fine, de l'indigo par exemple, on la voit disparaître attirée à l'intérieur de l'animal, tandis que, un moment après, un courant de cette même poussière sort d'un orifice situé entre les deux bords du manteau, au côté dorsal de l'extrémité postérieure du corps; — et ce double courant « inhalant » et « exhalant » durera aussi longtemps que l'animal sera en vie et que

les valves seront écartées. Toutefois, à la moindre tracasserie, le pied se rétracte, s'il était déjà produit au dehors, ainsi que les bords du manteau, tandis que les valves se referment avec une grande force. D'autre part, sur l'*Anodonte* morte, les valves sont toujours ouvertes, et si on les ferme de force, elles se rouvrent de nouveau. La raison de ce phénomène est dans la présence d'une bande élastique qui unit dans une certaine étendue les marges dorsales des deux valves et qui se tend lorsque les deux valves se ferment avec force. Durant la vie elles se rejoignent ainsi sous l'influence de la contraction de deux épais faisceaux de fibres musculaires qui vont de la face interne d'une valve à la face interne de l'autre. L'un est situé à l'extrémité antérieure et l'autre à l'extrémité postérieure du corps, ils s'appellent les *adducteurs antérieur* et *postérieur*.

On peut extraire l'animal de sa coquille sans l'endommager, rien qu'en coupant ces muscles près de leur insertion. Le corps affecte la symétrie bilatérale; le pied procède du milieu de la surface ventrale; la bouche est médiane et située dans une dépression, qui est en rapport avec la surface inférieure du muscle adducteur et l'insertion supérieure du pied. De chaque côté de la bouche, sont deux lambeaux triangulaires dont les extrémités libres sont pointues — les *palpes labiaux* — et derrière eux, on voit de chaque côté deux organes larges plats, dont les surfaces externes sont revêtues de stries verticales : ce sont les branchies. Le tégument est mou et lisse dans la région dorsale; il se prolonge de chaque côté de façon à former deux larges replis, les lobes du *manteau* ou *pallium*, qui adhèrent d'une façon intime à la surface intérieure des valves de la coquille, et se terminent, du côté ventral, par les bords épaissis que nous avons mentionnés plus haut. Ils se rejoignent au-devant de la bouche, sur les côtés ils sont unis avec les bords dorsaux des lames branchiales externes; et en arrière, ils se prolongent au-dessus de la face dorsale du corps, avant de se rejoindre enfin au-dessus et au devant de l'anus, qui est petit, tubuleux, proéminent et médian. Ainsi l'anus est enfermé dans une partie de la cavité limitée par les lobes du manteau, laquelle est relativement petite et s'appelle la *chambre cloacale;* tandis que les branchies, le pied et les palpes labiaux pendent dans la *chambre branchiale* relativement grande qui occupe l'espace situé entre les deux lobes du manteau dans le reste de leur étendue. C'est un prolongement des bords de la première cavité qui donne naissance au *siphon anal* tubuleux que l'on voit chez la plupart des lamellibranches; tandis que le siphon *ventral* ou *branchial* est un prolongement analogue des bords de la chambre bran-

chiale. Le siphon dorsal est le canal à travers lequel passe le *courant exhalant*, tandis que le *courant inhalant* traverse le siphon v entral.

Les courants sont produits et entretenus par l'action des cils qui abondent sur les branchies. Ces dernières sont perforées d'un très grand nombre de petites ouvertures et les espaces ou chambres comprises entre les deux lamelles dont chaque branchie est formée communiquent en haut avec la chambre cloacale. Les cils agissent de façon à conduire l'eau, dans laquelle vit l'animal, de la face externe de chaque branchie à son intérieur. Le courant passe donc de la chambre branchiale à la chambre cloacale.

Le courant d'eau qui est ainsi continuellement attiré dans la chambre branchiale charrie avec lui de petits organismes, *Infusoires, Diatomées*, etc.; beaucoup de ces petits êtres sont balayés dans la partie antérieure de la chambre branchiale, où s'ouvre la bouche, et sont propulsés par les cils qui bordent cette cavité dans l'intérieur du canal alimentaire. Ce dernier présente un œsophage court et large, un estomac entouré de follicules hépatiques et un intestin long et enroulé sur lui-même d'une façon assez compliquée. Enfin un rectum, situé sur la ligne médiane du côté dorsal du corps, traverse le péricarde et le cœur situés en cet endroit, et se termine par l'anus.

La bouche étant située en bas et en arrière de l'adducteur antérieur et le rectum passant au devant et en haut de l'adducteur postérieur, il est clair que le tube digestif, dans son ensemble, est situé entre les deux muscles adducteurs.

La digestion, c'est-à-dire la dissolution des matières protéiques et des autres matières nutritives contenues dans les aliments, s'effectue dans l'estomac et dans l'intestin, et le fluide nutritif ainsi formé transsude à travers les parois du tube digestif et arrive dans le sang contenu dans les vaisseaux qui entourent ce dernier. Ce sang est alors charrié dans un grand sinus qui occupe la ligne médiane du corps au-dessus du péricarde et entre les *organes de Bojanus* (voy. la Manipulation, § 5) et qui reçoit la plus grande partie du sang qui revient de toutes les parties du corps. De cette *veine cave* médiane partent des ramifications qui se distribuent aux branchies et forment sur elles un réseau vasculaire très riche. De ce réseau, naissent à leur tour des troncs vasculaires qui se dirigent vers le péricarde et s'ouvrent dans l'une ou l'autre des deux oreillettes du cœur, lesquelles communiquent avec le ventricule par des ouvertures munies de valvules. Le ventricule donne deux troncs aortiques dont l'un, l'*aorte antérieure,* se dirige en avant sur la ligne médiane au-dessus du rec-

tum, tandis que l'autre se dirige en arrière au-dessous du rectum. De ces deux troncs aortiques partent des branches qui se ramifient en branches plus petites pour se distribuer aux différentes régions du corps et aux viscères et se terminent enfin par des canaux qui correspondent aux capillaires des animaux supérieurs.

La cavité péricardique, dans laquelle le cœur est logé, est située dans la moitié postérieure de la région dorsale du corps. On peut voir battre le cœur à travers la paroi dorsale très mince de cette cavité; on le voit mieux encore en ouvrant le péricarde avec précaution. Les oreillettes se contractent d'abord et ensuite le ventricule; la contraction ondulatoire de ce dernier s'aperçoit beaucoup plus facilement. Les lèvres des orifices auriculo-ventriculaires sont disposées de telle sorte que le sang ne peut refluer en arrière dans les oreillettes lorsque le ventricule se contracte et est forcé de passer, soit en avant, soit en arrière, par les deux aortes. De là, il va aux capillaires et se rend de ces derniers à la veine-cave; de cette dernière, il est charrié aux branchies, en passant par les organes de Bojanus. Dans les branchies, il se débarrasse de son acide carbonique et absorbe l'oxygène dissous dans l'eau où les branchies sont plongées; enfin ce sang artérialisé retourne au cœur.

Le cœur est donc aortique et chasse du sang oxygéné dans les organes. La plupart des vais seaux qui conduisent le sang de la veine cave aux branchies, traversent les parois de certains organes de couleur sombre, les *organes de Bojanus,* qui ont été mentionnés plus haut, et il est probable que c'est là que le sang se débarrasse de ses produits de décomposition azotés — le corps *de Bojanus* jouant, selon toute probabilité, le rôle d'un rein. La cavité de l'organe de Bojanus communique d'une part avec le péricarde, et de l'autre avec l'extérieur, par un orifice situé tout près de l'insertion de la branchie interne sur les parois du corps. Ainsi la cavité du péricarde communique en réalité avec l'extérieur, quoique par une voie détournée. Mais il communique aussi directement avec le système veineux au moyen de plusieurs petites ouvertures situées à la partie antérieure de son plancher. Il doit par conséquent contenir un mélange de sang et d'eau.

Le sang de l'*Anodonte* est incolore et contient en suspension des corpuscules incolores, de struc ture analogue aux globules blancs du sang de l'homme, et doués des mêmes mouvements amiboïdes.

Le système nerveux de l'*Anodonte* consiste en rois paires de ganglions jaunâtres : les ganglions *céphaliques*, à droite et à gauche de la bouche; les ganglions *pédieux* placés dans le pied; et les gan-

glions *pariéto-splanchniques* situés à la surface inférieure du muscle adducteur postérieur. Ils sont unis par des filets commissuraux qui mettent en rapport chaque ganglion céphalique avec son homologue et avec les ganglions pédieux et pariéto-splanchniques du même côté. Les seuls organes des sens que l'on ait découverts sont une paire de vésicules auditives, unies par des cordons nerveux avec les ganglions pédieux.

Les sexes sont distincts, le *testicule* et l'*ovaire* présentant ce caractère commun qu'ils sont des glandes en grappe occupant, à l'époque de la reproduction, une grande partie de l'intérieur du corps. De chaque côté est une de ces glandes qui s'ouvre par une petite ouverture tout près de l'orifice de l'organe de Bojanus.

La tête des spermatozoïdes est petite, courte, en forme de bâtonnet. Il s'y attache une queue longue, filamenteuse, active. Ces spermatozoïdes, rejetés en quantités énormes, sortent avec les courants exhalants.

Les œufs sont sphériques, et la membrane vitelline se prolonge sur un point en un tube incomplet court, sorte de gouttière à orifice terminal, le *micropyle*, par lequel, suivant toute probabilité, entrent les spermatozoïdes. Quand ils sont complètement formés, ces œufs s'échappent en grand nombre de l'oviducte et se logent dans les chambres formées par les branchies, surtout dans la branchie externe, que souvent ils distendent complètement.

Là ils éclosent et donnent naissance à des embryons qui diffèrent tellement du parent *Anodonte*, qu'on les a pris autrefois pour des parasites, et qu'on leur a donné le nom de *Glochidium*. L'embryon de l'Anodonte est pourvu d'une coquille bivalve. Chaque valve a la forme d'un triangle équilatéral et est reliée à sa base avec l'autre valve par un lien élastique qui tend à les écarter l'une de l'autre. Le sommet du triangle est fortement recourbé et se prolonge sous la forme d'une dent dentelée elle-même comme une scie, de telle sorte que, quand les valves se rapprochent, les dents sont directement tournées l'une vers l'autre. Le manteau est très mince et la surface interne de chacun de ses lobes présente trois papilles, terminées par de fins pinceaux de filaments semblables à des cheveux. Un orifice, qui semble être l'orifice buccal, est béant et ses bords sont richement ciliés. Il n'existe qu'un seul muscle adducteur et qu'un pied rudimentaire, dont procèdent un ou deux filaments anhistes, qui représentent le byssus de la moule marine. Ces filaments byssaux s'enchevêtrent l'un avec l'autre et servent à fixer les *Glochidiums* à leur place.

Au bout d'un certain temps, les larves d'*Anodonte* abandonnent le corps de leur mère et se fixent sur les corps flottants, très souvent sur la queue des poissons; dans ce dernier cas, elles enfoncent dans les téguments les pointes recourbées de leurs valves et se cramponnent par elles comme avec des pinces. Dans cette situation, ils subissent une métamorphose; les branchies se développent, le pied s'accroît, les vésicules auditives font leur apparition, et la jeune *Anodonte* finit par se dégager et par tomber dans son habitat ordinaire, dans la vase.

MANIPULATION.

1. A l'état naturel, on ne voit de l'animal que l'*exosquelette*, ou coquille; si cette dernière s'entr'ouvre, on peut apercevoir le bord de la membrane qui la tapisse (*manteau*). Séparez du manteau une des valves de la coquille en la rasant avec le manche d'un scalpel, et en coupant les deux corps épais (*muscles adducteurs*) situés à chaque extrémité de l'animal et qui vont d'une valve de la coquille à l'autre en les empêchant de s'écarter. Les deux valves ne sont plus unies que par leur ligament.

2. Forme générale et structure.

a. Dans l'animal dépouillé de sa coquille on peut distinguer :

α. Un *bord dorsal* qui regarde la charnière de la coquille et qui est presque droit.

β. Un *bord ventral* courbe, opposé au bord dorsal.

γ. Une *extrémité antérieure* large.

δ. Une *extrémité postérieure* étroite.

ε. Un côté droit et un côté gauche.

b. Le manteau ou pallium.

α. Membrane bilobée demi-transparente, dont chaque lobe tapisse une valve de la coquille.

β. La continuité des deux lobes du côté dorsal de l'animal; leur séparation s'effectuant surtout du côté ventral où chacun possède un bord libre épais, jaunâtre.

γ. La coalescence des deux lobes du manteau, sur une longueur peu considérable, vers la partie postérieure de leur bord ventral.

δ. Les *siphons dorsal* et *ventral* rudimentaires, séparés l'un de l'autre au point (γ) où les deux lobes du manteau se réunissent. Ils sont indiqués chacun par une portion du manteau recouverte de courtes éminences filamenteuses. Le siphon dorsal est complètement

fermé en dessous et forme une étroite fente ovale; le siphon ventral est ouvert en dessous et se continue avec la fente qui sépare les bords ventraux des deux lobes.

ε. *La chambre branchiale ou palléale :* retournez le bord ventral du lobe ou manteau que vous aurez débarrassé de la coquille : vous mettez ainsi à découvert une cavité dans laquelle donne accès le siphon ventral ainsi que la fente qui lui fait suite.

ζ. *La chambre cloacale :* passez une soie dans le siphon dorsal : elle entrera dans une petite chambre séparée de la chambre palléale par une cloison qui réunit la partie inférieure des deux branchies nternes (c. β.)

c. Le contenu de la chambre palléale.

α. *Le pied :* grande masse jaunâtre, ayant presque la forme d'un soc de charrue, située sur la ligne médiane; le sommet est dirigé en avant et du côté ventral, vers la fente qui sépare du pied les deux lobes du manteau.

β. *Les branchies :* deux corps lamelleux situés de chaque côté du pied, mais s'étendant plus que lui en arrière : la branchie externe, de chaque côté, attachée au lobe du manteau ; la branchie interne, attachée au pied en avant, mais, plus en arrière, séparée de lui par une fente et derrière le pied, unie le long de la ligne médiane avec sa congénère pour former une cloison qui sépare la chambre cloacale de la chambre palléale.

γ. *Les palpes labiaux :* Une paire de petites proéminences triangulaires, situées de chaque côté en devant des branchies et à l'extrémité dorsale du bord antérieur du pied.

δ. *La bouche :* Chaque palpe labial rejoint son congénère sur la ligne médiane, et, entre ces sortes de lèvres, se trouve l'orifice buccal large.

d. Les muscles adducteurs antérieur et *postérieur :* en mettant en place le lobe du manteau que l'on a rejeté de côté tout à l'heure, on voit les extrémités ovales coupées des muscles adducteurs. On voit qu'ils traversent le manteau.

3. Maintenant, enlevez complètement l'animal de sa coquille, en détachant l'autre lobe du manteau de la valve à laquelle il est fixé, et en coupant les insertions des muscles adducteurs sur cette valve. On aperçoit alors mieux qu'on ne pouvait le faire auparavant le bord dorsal épais de l'animal et la continuité des lobes du manteau (2, b, b.)

4. Le cœur.

a. Sur le bord dorsal de l'animal est un espace clair où le manteau est très mince et recouvre une cavité remplie de liquide. Cette cavité est le *péricarde*, et au travers de ses parois on peut voir battre le cœur.

b. Fixez l'Anodonte dans l'eau entre deux morceaux de liège plombés ou de paraffine, de façon à mettre son bord dorsal en dessus, un lobe du manteau étant étendu sur chaque morceau de liège et le pied ainsi que les branchies pendant entre les deux morceaux. Alors fendez avec précaution la face dorsale du péricarde sans léser le cœur.

c. Maintenant le *cœur* est mis à nu. C'est un sac jaunâtre, transparent, présentant des contractions régulières et composé d'une chambre médiane et de deux chambres latérales.

α. Le *ventricule* ou chambre médiane; c'est un sac ovale qui se continue à chacune de ses extrémités par un gros vaisseau (*aorte antérieure* et *postérieure*); une portion du tube digestif longe le ventricule sur sa ligne médiane. Toutes les parties du ventricule ne se contractent pas en même temps; mais, d'une extrémité à l'autre de l'organe, passe une sorte de contraction ondulatoire, analogue aux contractions péristaltiques de l'intestin chez les animaux supérieurs.

. *Les oreillettes;* en déplaçant légèrement le ventricule, on en voit une de chaque côté : elles ont chacune la forme d'un sac pyramidal et se rattachent au ventricule par le sommet de cette pyramide.

5. Les organes de Bojanus.

a. Sectionnez le canal alimentaire à la partie postérieure de la chambre péricardique et rejetez-le en avant ainsi que le cœur, afin de débarrasser le plancher du péricarde. On aperçoit alors un grand sinus veineux, la *grande veine cave*, qui longe la ligne médiane de ce plancher; à droite et à gauche de ce sinus, le plancher du péricarde est formé par la paroi d'un sac transparent (*portion non-glandulaire de l'organe de Bojanus*) à travers laquelle on aperçoit une masse d'un brun foncé (*portion glandulaire de l'organe de Bojanus*).

b. A l'extrémité antérieure du plancher du péricarde, immédiatement au-dessous du point où l'intestin entre dans cette cavité, on trouve deux ouvertures ovales; passez dans chacune une soie munie préalablement d'une petite boule de cire à cacheter pour l'empêcher de se créer une fausse route. On trouve alors que cet orifice est l'entrée d'un canal qui longe la portion glandulaire de l'organe de Bojanus.

c. Enlevez avec précaution d'un côté la paroi mince et transparente

de la portion non glandulaire de l'organe de Bojanus, afin de mettre à découvert la partie de la portion glandulaire qui se trouve contenue dans la portion non glandulaire : on voit que la soie peut entrer dans la portion glandulaire par un orifice qui donne entrée dans la portion non glandulaire, et qui se trouve située à la face supérieure de la portion glandulaire, vis-à-vis l'extrémité postérieure du péricarde. La portion glandulaire s'étend en arrière un peu au delà de ce point; mais elle est complètement enfouie dans les tissus environnants, et n'est pas contenue dans le sac libre non glandulaire qui ne va pas en arrière plus loin que l'extrémité postérieure du péricarde.

d. Examinez le plancher de la portion non glandulaire, à son extrémité antérieure; vous y trouverez un petit orifice; passez-y doucement une soie garnie : alors retournez l'animal et détachez du pied l'extrémité antérieure de la branchie interne du même côté. On voit que la soie a traversé un orifice (*orifice externe de l'organe de Bojanus*) situé précisément au-dessus du point d'insertion de la branchie sur le corps.

6. Les branchies.

a. Coupez une des branchies et examinez-la; vous verrez qu'elle consiste en deux lamelles unies par leurs bords ventraux et entourant une cavité centrale qui s'ouvre en haut dans une chambre (épibranchiale), laquelle s'ouvre en arrière dans la chambre cloacale. La cavité inter-lamellaire est subdivisée par des cloisons intermédiaires qui passent d'une lamelle à l'autre.

b. Coupez avec précaution un fragment d'une lame branchiale; montez-le dans l'eau et examinez-le avec l'objectif n° 1 (Nachet). Il paraît formé sur sa face externe par des barres parallèles verticales, contenant des couples de bâtonnets courts; la face interne paraît formée d'un réseau de gros vaisseaux, perforé d'ouvertures assez larges.

c. Examinez à un fort grossissement : les bords de chaque fente sont couverts de grands cils actifs.

7. Le système nerveux.

a. Les ganglions cérébroïdes.

α. On les trouvera en disséquant avec soin à la base des palpes labiaux et le tégument du côté dorsal de la bouche. Ils sont au nombre de deux, chacun de la grosseur d'une tête d'épingle et de forme presque triangulaire.

β. Les commissures en rapport avec les ganglions cérébroïdes sont :

Un filet nerveux court perpendiculaire à la ligne médiane qui passe au-dessus de la bouche et unit les deux ganglions.

Un filet *connectif cérébro-pédieux*, qui part de chacun d'eux, se dirige en bas et en arrière et se continue avec celui qui part du ganglion pédieux du même côté, pour aller en avant (*b*. β.)

b. Les ganglions pédieux.

α. Mettez l'animal sur le côté, et disséquez avec précaution les tissus au pied ou point de réunion du tiers antérieur de cet organe avec son tiers médian, où la portion musculeuse et la portion viscérale du pied se rejoignent. C'est ainsi que l'on peut découvrir les ganglions pédieux. Ce sont deux corps ovales de couleur orange-foncé, un peu plus volumineux chacun que la tête d'une grosse épingle; ils sont appliqués l'un contre l'autre sur la ligne médiane.

β. Chacun de ces ganglions émet un connectif (*a*. ϐ) qui se dirige en avant et en haut vers le ganglion cérébroïde du même côté et dont les ramifications se distribuent aux muscles du pied et aux organes auditifs.

c. Les ganglions pariéto-splanchiques.

α. On les trouve facilement en mettant l'animal sur le dos et en disséquant le tégument près de la surface ventrale du muscle adducteur postérieur.

ϐ. Suivez un filet nerveux (*a*. ϐ.) qui va de chacun d'eux au ganglion cérébroïde du même côté. On suit facilement ce connectif dans toute la région avoisinant l'organe de Bojanus, mais difficilement plus loin.

8. L'organe de l'audition.

a. Il est difficile de le disséquer chez l'Anodonte : c'est un petit sac que l'on trouve en suivant en arrière le filet nerveux postérieur émis par le ganglion pédieux; il est fixé à une des branches de ce nerf. D'habitude, c'est une vésicule auditive en rapport avec chaque ganglion pédieux.

b. Si l'on peut se procurer une *Cyclas* vivante, en enlevant le pied de l'animal, en le montant dans l'eau et en l'examinant avec l'objectif n° 1 (Nachet), on apercevra facilement la vésicule auditive, avec la particule toujours en trépidation, ou *otolithe*, qu'elle contient.

9. Le tube digestif.

a. Il faut le disséquer sur une autre Anodonte durcie dans l'alcool. Disséquez avec soin les couches musculaires peu épaisses qui couvrent le côté gauche du pied; c'est ainsi que l'on peut mettre à nu les circonvolutions noirâtres de l'intestin. On apercevra probablement en

premier lieu les deux circonvolutions situées parallèlement l'une à l'autre près du bord postérieur du pied. Continuez à enlever les muscles et les cœcums reproducteurs jusqu'à ce que vous ayez mis l'intestin à nu sur la plus grande longueur possible; faites une légère ponction dans une des circonvolutions les plus internes, introduisez-y l'extrémité d'un chalumeau et insufflez : alors fendez avec soin l'intestin dans toute sa longueur pour en découvrir la surface interne, en allant d'un côté vers l'estomac et de l'autre vers le rectum. Introduisez une soie garnie dans la bouche et poussez-la aussi loin que possible et fendez le tube digestif le long de cette soie au moyen d'une paire de ciseaux. Poussez ensuite la soie un peu plus loin et suivez toujours avec les ciseaux, et ainsi de suite, jusqu'à ce que vous arriviez au point où vous avez déjà ouvert l'intestin.

b. En premier lieu, le tube digestif longe le côté dorsal du corps dans une faibleé tendue (*œsophage*), il passe le long du côté ventral du muscle adducteur antérieur : alors il se dilate pour former un sac irrégulier (l'*estomac*); en arrière de l'estomac il se continue sous forme d'un long tube étroit (l'*intestin*); tout à coup, en arrière de l'estomac, il s'abaisse dans le pied, en allant d'abord vers son bord postéro-inférieur, alors il se recourbe en haut et en avant dans le pied en s'approchant de sa partie dorsale; de nouveau, il se recourbe brusquement en bas et en arrière, parallèlement à sa direction primitive, en allant vers la partie ventrale du pied; là il fait un autre tour, et, après s'être dirigé quelque temps en avant, tourne en-dessus et longe la partie antérieure ou péricarde; là il tourne en arrière et va, sous forme d'un tube étroit (le *rectum*), d'abord traverser le ventricule du cœur; ensuite (en passant du côté dorsal du muscle adducteur postérieur) il longe le côté dorsal de la chambre cloacale, où il se termine par un orifice (l'*anus*), situé sur une papille proéminente.

c. Sur les côtés de l'estomac, se trouve une masse glandulaire brune, le *foie*.

α. Dissociez dans l'eau un fragment du foie et examinez la préparation avec l'objectif n° 5 (Nachet). Il est composé de cœcums ramifiés tapissés d'une couche de cellules épithéliales brunes.

10. Organes de la reproduction.

a. Ces animaux sont dioïques, mais les organes de la génération ont la même structure dans les deux sexes; leur taille varie beaucoup suivant la saison : volumineux en hiver et au printemps, ils sont petits à toute autre époque.

b. Tout près de l'orifice externe du corps de Bojanus, on trouve de chaque côté une autre petite ouverture, c'est l'*orifice génital.*

c. A partir de l'orifice génital on peut suivre en arrière un conduit; il présente plusienrs ramifications cœcales qui se trouvent à la partie supérieure du pied.

11. Système musculaire.

a. Il se laisse disséquer plus facilement sur un échantillon durci dans l'alcool. Les principaux muscles sont :

α. Les muscles *adducteurs antérieur* et *postérieur* qui passent directement d'une valve de la coquille à l'autre. On les a déjà vus.

β. Le *rétracteur postérieur du pied :* il s'aperçoit facilement, de chaque côté; il part de l'intérieur du pied et va s'insérer sur la coquille au-devant du muscle adducteur postérieur.

γ. Le *rétracteur antérieur du pied :* il s'insère d'une part sur la coquille en arrière du muscle adducteur antérieur, et de l'autre, au devant du pied.

δ. Le *protracteur du pied :* naît à la surface interne de la coquille en arrière de l'adducteur antérieur et plus bas que le rétracteur antérieur. Les fibres s'étalent en éventail sur la partie supérieure du pied, quelques-unes d'entre elles s'étendent sur la surface du foie.

ε. Les *petits rétracteurs :* plusieurs petits muscles naissant de la coquille précisément au-devant du crochet et s'étendant sur la surface du foie.

ζ. Les *muscles intrinsèques du pied :* ils forment la plus grande partie de la portion ventrale de cet organe.

η. Petits muscles attachés à chaque lobe du manteau, à quelque distance de son bord libre épais, et qui s'insèrent sur la coquille le long d'une impression linéaire, qui va d'un adducteur à l'autre et qui s'appelle la ligne palléale.

b. Dissociez dans la glycérine un fragment de muscle traité par la solution d'acide chromique à 5/1000. — Examinez la préparation avec l'objectif n° 5 (Nachet). Il se compose de cellules aplaties fusiformes, contenant chacune un noyau allongé : la substance qui entoure le noyau est transparente, mais le reste de la cellule est granuleux et contient un grand nombre de petites particules disposées assez nettement en rangées transversales. Tandis que ces fibres musculaires se rangent par leur forme avec les *fibres lisses*, leur structure intime les rapproche des *fibres striées.*

12. La coquille ou exosquelette.

a. Les deux pièces latérales dures ou valves, pourvues chacune

d'un bord dorsal droit et d'un bord ventral court, d'une extrémité antérieure large et d'une extrémité postérieure étroite. Remarquez dans chaque valve le bord ventral mou, non calcifié.

b. Le *crochet;* petite éminence mousse, située au bord dorsal de chaque valve près de son extrémité antérieure.

c. Le *ligament :* partie élastique non calcifiée de l'exosquelette, située au-dessous des crochets; elle unit les deux valves et tend en même temps à écarter légèrement l'un de l'autre leurs bords ventraux.

d. Les marques de la coquille :

α. Marques extérieures. L'extérieur de chaque coquille est gris-brun. On y remarque un grand nombre de lignes concentriques généralement parallèles au bord de la coquille, et plus nombreuses aux approches du bord ventral.

β. Marques intérieures. L'intérieur de la valve est blanc et irisé : on y voit près du bord dorsal deux marques ovales, les impressions des adducteurs antérieur et postérieur.

Une ligne courte, l'impression palléale, joint les deux impressions musculaires : c'est la trace des insertions des muscles du manteau sur la coquille.

Au-devant de l'empreinte musculaire de l'adducteur antérieur, se trouvent deux marques, l'une vis-à-vis son extrémité supérieure, l'autre vis-à-vis son extrémité inférieure; la première indique le point d'insertion du rétracteur intérieur, la seconde le point d'insertion du protracteur du pied.

On trouve, allant de l'empreinte de chaque adducteur jusqu'au crochet, une empreinte faible qui va en s'effaçant peu à peu, que l'on peut suivre jusque dans la cavité du crochet, et qui est la trace des insertions successives des muscles adducteurs, à mesure que l'animal grandit.

13. A l'époque de la reproduction, examinez le contenu du testicule pour voir les spermatozoïdes et celui des ovaires pour voir les œufs. Notez le micropyle de ces derniers. Si la branchie externe apparaissait pleine et distendue, c'est qu'elle serait pleine de *Glochidiums, larves* d'*Anodontes*. Remarquez les caractères de leur coquille, et les filaments enchevêtrés, ou byssus, dont ils sont pourvus.

XII

L'ÉCREVISSE. — LE HOMARD

L'Écrevisse et le Homard sont des animaux aquatiques. On trouve le premier de ces animaux dans plusieurs de nos rivières et le second abonde sur les côtes rocheuses des mers de l'Europe. Ces animaux

sont bilatéralement symétriques, pourvus de plusieurs paires de membres, parmi lesquelles on remarque de grandes « pinces » préhensibles. Ils sont très actifs, marchent et nagent avec une égale facilité, et parfois se poussent eux-mêmes en arrière ou en avant par des coups de leur large nageoire terminale.

Ils possèdent, à l'extrémité antérieure de la tête, des yeux très remarquables portés sur des pédoncules mobiles, et deux paires d'antennes, dont l'une a la longueur du corps, tandis que l'autre est beaucoup plus courte.

Le corps et les membres sont protégés par une cuirasse épaisse, articulée, l'*exosquelette*, produit de l'épiderme sous-jacent. Elle est constituée par une membrane qui reste molle et flexible dans les espaces inter-articulaires des segments du corps et des membres, mais se durcit et s'épaissit partout ailleurs en s'incrustant de sels calcaires. Cet exosquelette doit sa coloration intense à un pigment que l'action de l'eau bouillante fait virer au rouge.

Le corps présente une division antérieure — le *céphalothorax* — recouvert d'un large bouclier continu ou *carapace* et une division postérieure — l'*abdomen* — formé d'une série de segments qui se meuvent l'un sur l'autre, dans un plan médian vertical. Ainsi l'abdomen redressé est en état d'extension, et courbé en état de flexion. Ces segments sont au nombre de sept. Les six premiers sont les somites de l'abdomen; chacun d'eux est pourvu d'une paire d'appendices insérés sur sa face ventrale. Le 7e somite, ou *telson*, ne porte pas d'appendices. L'anus se trouve à la face ventrale au-dessous du telson, en arrière du dernier somite.

A la surface de la carapace, un sillon appelé la *suture cervicale* la divise en deux parties. La partie antérieure répond à la tête ou *céphalon*, l'autre protège le thorax. La division thoracique de la carapace présente en outre une région centrale qui recouvre la tête et deux larges prolongements latéraux qui s'abaissent et recouvrent les côtés du thorax; leurs bords ventraux libres s'appuient contre la base des membres thoraciques. Ce sont les *branchiostégites*. Chacun d'eux abrite une large chambre où sont enfermées les branchies, communiquant avec l'extérieur en bas et en arrière, par les fentes étroites ménagées entre le bord du branchiostégite et les membres. A sa partie antérieure et inférieure, la chambre branchiale se continue en un canal qui s'ouvre en avant et en bas, au point où la tête s'articule avec le thorax. Dans ce canal on trouve une plaque ovale, plate — le *scaphognathite* — qui s'attache à la 2e paire de mâchoires et joue un rôle important dans l'acte de la respiration.

Il y a huit paires de membres thoraciques, et à la face ventrale du corps, on peut observer les lignes de démarcation des huit somites auxquels ces membres correspondent. Il n'y a pas trace de divisions correspondantes à celles-là dans la carapace du homard; mais dans l'écrevisse, le dernier somite thoracique est uni d'une façon incomplète à ceux qui le précèdent. L'animal marche au moyen des quatre paires postérieures de membres thoraciques, qui, pour cette raison, sont appelés *pattes ambulatoires*. La paire voisine est formée par les grandes pinces ou *chelæ*. Les trois paires antérieures sont courbées du côté de la bouche et exécutent par rapport à la ligne médiane des mouvements de va-et-vient, de façon à former une partie des mâchoires, ce qui leur a fait donner le nom de pattes-mâchoires ou *maxillipèdes*. L'externe ou troisième paire de ces maxillipèdes est plus forte que les autres et ressemble davantage aux pattes ambulatoires; les bords internes des principaux articles de cette paire sont dentelés. Les maxillipèdes de la première paire ou de la plus interne, sont larges, foliacés et mous. En enlevant ces pattes-mâchoires, on met à découvert deux paires d'appendices foliacés mous qui s'attachent à la partie inférieure du céphalon et sont les mâchoires ou *maxillæ*.

La seconde paire ou externe se prolonge extérieurement de façon à former le scaphognathite, qu'on aperçoit au fond d'un sillon qui sépare latéralement la tête du thorax, *sillon cervical*.

En avant de ces mâchoires sont les très puissantes *mandibules*. Entre leurs extrémités antérieures dentelées se trouve la large ouverture de la bouche garnie en avant d'une plaque molle en forme de bouclier, le *labrum*, et en arrière d'une autre plaque molle divisée par une profonde fente médiane en deux lots, le *métastoma*. Jusqu'ici les surfaces des somites auxquelles les appendices sont attachés regardent en bas, lorsque le corps est droit et la carapace tournée vers le haut. Mais, en avant de la bouche, la face du corps sur laquelle s'insèrent les appendices fait un angle droit avec sa direction primitive, et par conséquent regarde en avant. Cette courbure de la face ventrale du corps prend le nom de *courbure céphalique*. En raison de ce changement de position de la surface à laquelle ils sont attachés, les trois paires d'appendices des somites situés en avant de la bouche ont une direction soit antérieure, soit antéro-supérieure. La paire postérieure est constituée par les longues *antennes*, la plus voisine par les petites antennes ou *antennules;* et l'antérieure est formée par de courts pédoncules sub-cylindriques (*ophthalmites*), à l'extrémité desquels sont situés les yeux.

Cette énumération montre que le Homard et l'Ecrevisse possèdent six paires d'appendices abdominaux — les pattes natatoires; huit paires d'appendices thoraciques (quatre paires de pattes ambulatoires, une paire de pinces, trois paires de maxillipèdes), et six paires d'appendices céphaliques (deux paires de mâchoires, une paire de mandibules, une paire d'antennes, une paire d'antennules, une paire de pédoncules oculaires), le tout formant vingt paires d'appendices. En rapport avec ce nombre d'appendices, le corps est constitué par vingt somites; six d'entre eux sont mobiles les uns sur les autres et forment l'abdomen, les quatorze autres sont unis et forment ainsi le céphalothorax.

Le branchiostégite est produit par la paroi dorso-latérale de la région formée par la réunion des somites thoraciques. Le rostre dentelé qui termine la carapace est un prolongement médian fixe de la paroi dorsale des somites céphaliques antérieurs. Le telson, en revanche, est un prolongement médian mobile de la paroi dorsale du sixième somite abdominal. Le labrum et le métastoma sont des productions médianes de la portion sternale des somites situés immédiatement en avant et en arrière de la bouche.

Ainsi, chez ces animaux, le squelette entier peut être considéré comme la répétition vingt fois opérée d'un somite en forme d'anneau, muni d'une paire d'appendices, et dont l'exemple le plus simple nous est fourni par un des somites abdominaux.

En outre, nonobstant la grande variété des fonctions dévolues aux divers appendices, l'étude détaillée de leur structure (voyez la manipulation) montrera qu'on peut les ramener à des modifications d'un type fondamental, consistant en un article basilaire (*protopodite*) avec trois divisions terminales (*endopodite*, *exopodite, épipodite*).

Ainsi que nous l'avons déjà dit, le Homard et l'Ecrevisse affectent la symétrie bilatérale, c'est-à-dire qu'un plan médian vertical passant à travers la bouche et l'anus les divise en deux moitiés similaires. Cette symétrie n'appartient pas qu'à l'extérieur du corps et n'est pas en rapport qu'avec les paires de membres; elle s'étend aux organes internes; le canal alimentaire et ses appendices, le cœur, le système nerveux, les muscles et les organes de la reproduction sont symétriquement disposés par rapport au plan médian vertical du corps.

Un œsophage large, presque vertical, conduit dans un estomac spacieux; tous deux sont tapissés d'un revêtement de chitine qui continue l'exosquelette. Un rétrécissement transversal de l'estomac le divise en deux portions : une portion cardiaque spacieuse et une pylorique beaucoup plus petite; de cette dernière naît l'intestin. Les

parois de la moitié antérieure de la *poche* cardiaque sont membraneuses et d'épaisseur médiocre; mais les parois de la poche postérieure, en s'incrustant de calcaire, donnent naissance à un *squelette gastrique* d'une grande complexité. La partie principale de ce squelette est constituée par un osselet médian, dorsal, en forme de T, dont la partie horizontale formerait un arc transversal, tandis que la barre verticale médiane s'étendrait en arrière sur la ligne médiane. Cette dernière partie est pourvue d'une dent très puissante qui s'avance dans la cavité gastrique au-devant de l'ouverture du passage qui fait communiquer les divisions cardiaques et pyloriques de l'estomac. Les extrémités de l'arc transversal s'articulent avec deux pièces latérales, dont chacune porte une dent semblable. Les extrémités de ces pièces antéro-latérales s'articulent de nouveau avec des pièces postéro-latérales. Celles-ci sont unies à une pièce transversale jetée comme un pont au-dessus du plancher de la portion pylorique de l'estomac. Ainsi il se forme une sorte de charpente hexagonale dont les articulations sont mobiles; la pièce médiane armée d'une dent s'allonge tellement en arrière, que son extrémité se trouve au-dessous de la seconde pièce transversale. Elle est en rapport avec elle, toutefois, au moyen d'un court osselet qui monte obliquement en avant et s'articule avec le bord antérieur de la pièce transversale postérieure. Deux muscles puissants s'attachent à la pièce transversale antérieure et se dirigent obliquement en avant pour s'insérer à la face inférieure de la carapace. Deux faisceaux musculaires analogues naissent de la pièce transversale postérieure, et, se dirigeant obliquement en haut et en arrière, s'insèrent également à la face inférieure de la carapace. La disposition de toutes ces parties est telle, que, lorsque les muscles se contractent, la dent médiane se meut dans le sens antéro-postérieur, tandis que les dents latérales s'avancent à l'intérieur, de sorte que toutes trois se rencontrent sur la ligne médiane. On peut imiter facilement l'action de ces muscles en saisissant avec des pinces les pièces transversales antérieures et postérieures et en les tirant dans la direction suivant laquelle les muscles agissent. On voit alors les trois dents venir s'entrechoquer. Ainsi les aliments déchirés par les mâchoires sont ensuite écrasés dans le moulin gastrique. Les parois de la division pylorique de l'estomac sont épaisses et s'avancent à l'intérieur sous forme de coussinets, ce qui réduit cette cavité à n'être plus qu'un passage étroit. Les surfaces en forme de coussinets des parois pyloriques sont munies de longs poils qui se dressent en travers de ce passage étroit et le convertissent ainsi en un tamis qui ne laisse passer du sac gastrique dans l'intestin mince et délicat que des ma-

tières très finement divisées. Les conduits hépatiques s'ouvrent, un de chaque côté, au point où la division pylorique de l'estomac s'unit à l'intestin. L'intestin est grêle et délicat, lisse à l'intérieur chez le homard, villeux chez l'écrevisse. Près de son extrémité postérieure, ses parois s'épaississent sur une longueur peu considérable, et cette portion épaissie, avec laquelle, chez le homard, un court cœcum dorsal est en rapport, peut être considérée comme un gros intestin ou rectum.

Le cœur est un organe court, épais, presque hexagonal, symétrique, logé dans le sinus péricardiaque, auquel il est attaché par des brides fibreuses. A la partie antérieure de l'organe, on voit trois ouvertures; deux de ces ouvertures sont situées à la face supérieure, deux latéralement et deux à la face inférieure. Les ouvertures latérales sont en arrière et les dorsales en avant. Chaque ouverture commence par une dépression infundibuliforme de la face extérieure de l'organe qui se dirige obliquement vers l'intérieur et se termine dans la cavité du cœur par une fente valvulaire. Cette cavité est très réduite par l'entrelacement des faisceaux musculaires qui constituent les parois du cœur, de sorte que, sur une coupe transversale ou longitudinale, elle n'apparaît que comme une petite cavité médiane entourée d'une paroi épaisse et spongieuse.

Durant la vie, le cœur bat avec force, ses parois se contractant partout à la fois. De la portion dorsale de son extrémité antérieure partent trois artères, une médiane et deux latérales, qui se rendent à la tête. Du côté ventral de cette même extrémité part une artère hépatique dont les branches se rendent, à droite et à gauche, au foie. A son extrémité postérieure, le cœur se termine par une dilatation médiane, d'où partent deux grands troncs artériels. Le premier ou *artère abdominale supérieure*, longe la face dorsale de l'intestin, et donne, chemin faisant, des branches transversales à chaque somite. L'autre, ou *artère sternale*, traverse, du côté de l'adomen, l'espace situé entre le pénultième et l'antépénultième ganglion thoracique, passe entre leurs commissures et se divise en deux branches qui courent en avant et en arrière entre la chaîne ganglionnaire et l'exosquelette.

Ces artères se divisent et se subdivisent, et leurs terminaisons dans quelques parties du corps, notamment dans le foie, constituent un véritable système capillaire.

Les veines sont des canaux irréguliers ou *sinus*, situés entre la plupart des muscles et les viscères. De ces sinus, un des plus considérables se trouve sur la ligne médiane ventrale; on peut facilement le mettre en évidence en perçant le tégument mou situé entre deux

quelconques des sternums abdominaux. Le sang coule de l'ouverture avec une grande rapidité, et la quantité qui s'en écoule montre la grandeur du sinus et ses libres communications avec le reste du système vasculaire. Coupons en travers un membre quelconque et insinuons le bout d'un chalumeau à la place où nous verrons le sang couler : nous pourrons sans peine injecter avec de l'air le sinus ventral.

On trouve également un sinus volumineux et de forme irrégulière sur la ligne médiane, à la surface dorsale de l'abdomen; il communique librement avec le sinus médian ventral. La tige de chaque branche contient deux canaux sanguins, l'un s'étend le long de sa face externe et l'autre parcourt sa face interne. Le canal externe communique à son origine avec le sinus médian central. Le canal interne s'ouvre dans un conduit qui monte dans la paroi latérale du thorax et qui s'ouvre, après s'être anastomosé avec les autres canaux *branchio-cardiaques* vis-à-vis de l'orifice latéral du cœur. Comme les lèvres valvulaires de cet orifice et des autres orifices du cœur s'ouvrent à l'intérieur, le sang, au moment de la systole, est chassé du cœur dans les diverses artères. Une partie considérable du sang ainsi chassé dans les capillaires se rassemble dans le sinus médian ventral, et retourne ainsi au cœur en traversant les branchies. Le cœur est donc ici comme chez l'Anodonte un cœur aortique et non un cœur branchial. Mais le sang veineux tout entier poursuit-il la même route, ou bien une partie de ce sang retourne-t-elle du sinus dorsal directement au péricarde? cette question n'a pas encore été tranchée.

On ignore également si ce qu'on appelle le péricarde doit être regardé comme une cavité unique, ou si les tractus fibreux qui rattachent le cœur à ses parois ne se subdivisent pas en compartiments, lesquels seraient en communication immédiate avec des ouvertures cardiaques déterminées et non avec d'autres.

Chez le Homard, le sang, qu'on peut facilement se procurer en grande quantité, est un liquide presque incolore, ordinairement d'une faible teinte neutre. Il se coagule facilement, et l'on voit alors un caillot assez consistant se séparer du sérum. Il contient des corpuscules nucléés sans couleur appréciable, qui émettent des pseudopodes très longs et prennent ainsi une forme irrégulièrement étoilée.

On a déjà vu que les organes respiratoires ou branchies sont logés dans une chambre limitée extérieurement par le branchiostégtie, intérieurement par les parois latérales des somites thoraciques, et en bas par la base des membres thoraciques, et qu'il existe une fente étroite entre le bord libre du branchiostégite et ces derniers. A l'ex-

trémité intérieure de la chambre un conduit infundibuliforme mène à l'orifice antérieur mentionné plus haut, et, dans ce conduit, se trouve placé le scaphognathite comme une porte battante.

Durant la vie, le scaphognathite se meut incessamment d'avant en arrière, et fait ainsi sortir l'eau de la chambre branchiale par son orifice antérieur à chaque mouvement qu'il fait en avant. L'eau ainsi rejetée est remplacée par l'eau qui entre par la fente inférieure et postérieure située au-dessous du bord libre du branchiostégite, et c'est ainsi qu'il est pourvu à l'arrosement continuel des branchies par un courant d'eau. Chaque branchie ressemble en quelque sorte à une brosse à bouteilles et consiste en une tige garnie de nombreux filaments. Le sang contenu dans les vaisseaux qui parcourent ces filaments n'est séparé que par une membrane très fine de l'air contenu en dissolution dans l'eau; il dégage de l'anhydride carbonique et gagne une quantité correspondante d'oxygène dans son cours à travers les branchies.

Les branchies s'insèrent en partie sur les épimères des somites thoraciques, en partie sur les extrémités proximales des membres thoraciques. Les épipodites des membres montent entre les rangées de branchies appartenant à chaque somite et les séparent les unes des autres. Les branchies qui s'insèrent sur les membres sont nécessairement agitées lorsque ces derniers se meuvent; de là il s'ensuit que les échanges gazeux entre le sang d'une part et l'eau de l'autre, prennent un accroissement proportionné aux contractions musculaires d'où proviennent les mouvements des membres, et que par conséquent la formation d'anhydride carbonique augmente.

Le mode de formation et le lieu d'excrétion des produits de décomposition azotés ne sont pas encore nettement connus, mais il paraît probable que deux grandes glandes vertes situées dans la tête tout près de la base des antennes jouent le rôle de reins. Chacune de ces glandes enclave le goulot d'un sac assez grand à parois minces qui s'ouvre par un canal court sur la face ventrale de l'article basilaire de l'antenne.

Le système nerveux consiste en une chaîne de treize ganglions — unis par des commissures longitudinales — logés sur la ligne médiane du côté ventral du corps et distribuant des nerfs aux organes des sens, aux muscles du tronc et des membres, ainsi qu'aux téguments; et en un système nerveux viscéral, développé surtout sur l'estomac.

De ces treize ganglions, le premier en avant se trouve dans la tête, tout près de l'insertion des trois premières paires d'appendices auxquels il envoie des filets nerveux ainsi qu'au système nerveux viscé-

ral. On l'appelle communément *cerveau* ou ganglion *sus-œsophagien*. Deux connectifs, qui passent de chaque côté de l'œsophage, le mettent en rapport avec une masse ganglionnaire plus considérable qui est appelée ganglion *sous-œsophagien*. Ce ganglion occupe la région située à la partie inférieure de la tête et à la partie antérieure du thorax et distribue des nerfs aux mâchoires et aux trois paires de maxillipèdes. Cinq autres ganglions se trouvent dans les cinq somites qui portent les pinces et les pattes ambulatoires et il en existe un par chaque somite abdominal, le dernier étant le plus volumineux des six.

Les connectifs longitudinaux qui unissent les ganglions abdominaux sont simples, mais dans le thorax les connectifs sont doubles et les ganglions eux-mêmes montrent avec plus ou moins d'évidence une tendance au dédoublement. C'est là un motif de croire que ces treize ganglions apparents représentent en réalité vingt paires de ganglions primitifs, soit une paire de ganglions par somite. Les trois paires de ganglions pré-oraux se seraient confondues pour former le cerveau, et les cinq qui viennent après la bouche se seraient réunies en une masse sous-œsophagienne.

Les seuls organes des sens spéciaux que l'on puisse reconnaître chez le Homard et chez l'Ecrevisse sont les yeux et les organes de l'audition.

Les yeux sont situés à l'extrémité des pédoncules oculaires ou ophtalmites qui représentent la première paire d'appendices de la tête. L'extrémité arrondie du pédoncule oculaire présente une surface claire, lisse, ayant presque la forme d'un croissant, divisée en un grand nombre de petites facettes quadrangulaires. Cette surface correspond à la *cornée* et n'est autre chose que la couche chitineuse ordinaire du tégument devenue transparente. La face interne de chacune des facettes de la cornée correspond à l'extrémité externe d'un corps allongé, transparent, légèrement conique — le *cône cristallin* — dont l'extrémité interne se continue avec un long et relativement étroit *bâtonnet* au moyen duquel il est en rapport avec un corps fusiforme strié transversalement — le *fuseau strié*. L'extrémité interne de ce dernier est à son tour en rapport avec la surface convexe de la terminaison ganglionnaire dilatée en forme de coussinet du nerf optique. Les systèmes formés de cette façon, chacun par son fuseau strié, son bâtonnet, son cône cristallin respectif, rayonnent ainsi de la surface externe du ganglion terminal à la face interne de la cornée, et chacun est séparé de son voisin par une *gaîne* nucléée, en partie fortement pigmentée. On ne connaît pas à fond la manière dont un *œil composé* tel que celui que nous venons de décrire s'acquitte de la

fonction visuelle. Les faces internes et externes des facettes cornéennes sont planes et parallèles. Elles ne peuvent donc jouer le rôle de lentilles; et, le pourraienl-elles, il n'existe point trace de terminaisons nerveuses disposées de manière à être affectées par les rayons lumineux concentrés au foyer de semblables lentilles. Au point de vue morphologique, les cônes, les bâtonnets et les fuseaux striés sont à plusieurs égards analogues à ces parties constituantes de la rétine des vertébrés connues sous le nom de couche des bâtonnets et des cônes et de couche granuleuse. Ces structures sont essentiellement des modifications de l'épiderme; de même que les vésicules cérébrales, dont les vésicules rétiniennes sont des excroissances, sont des involutions de l'épiderme de l'embryon. Ainsi, morphologiquement parlant, les extrémités libres des bâtonnets et des cônes de l'œil des vertébrés sont, comme chez les crustacés, tournées vers l'extérieur. Il semble par conséquent probable que l'œil entier d'un crustacé doit être comparé à la rétine seule d'un vertébré et que la vision est effectuée par eux comme elle le serait par une rétine dépourvue de tout appareil réfringent accessoire.

L'*organe de l'audition* du Homard et de l'Ecrevisse se trouve sur l'article basilaire de l'antennule sur la face dorsale duquel on peut apercevoir un petit orifice en forme de fente, protégé par de nombreux poils. La couche chitineuse du tégument s'invagine dans cet orifice et donne ainsi naissance à un petit sac aplati logé dans l'intérieur de l'antennule. Un côté du sac se replie de façon à produire un bourrelet qui proémine dans l'intérieur du sac et qui est revêtu de poils très fins et très délicats. Le nerf auditif entre dans ce bourrelet et ses dernières ramifications vont à la base de ces poils. Le sac lui-même contient de l'eau dans laquelle de fines particules pierreuses sont en suspension.

Les sexes sont distincts chez le homard comme chez l'écrevisse. Les caractères extérieurs distinctifs des mâles et des femelles, ainsi que la forme des organes de la génération, sont décrits dans la manipulation.

Les œufs imprégnés sont attachés en grandes quantités par une sécrétion visqueuse de l'oviducte aux poils des pattes-nageoires et là, ils subissent leur développement. Quand une femelle de Homard porte ainsi ses œufs, les pêcheurs disent qu'elle porte une grappe. Chez l'Ecrevisse, l'embryon subit dans l'œuf presque toutes les métamorphoses qui doivent l'amener à la forme de l'adulte; mais chez le Homard, les jeunes, au moment où ils éclosent, sont des larves, ressemblant fort peu à leur parent, qui subissent une série de métamor-

phoses avant d'atteindre la condition d'adultes. On peut souvent se procurer ces larves en ouvrant les œufs d'une femelle de homard chargée de sa grappe. Elles ont une carapace arrondie, deux grands yeux, un abdomen articulé dépourvu d'appendices, et les membres thoraciques sont pourvus de longs exopodites.

La croissance normale, non moins que les métamorphoses du Homard et de l'Ecrevisse sont accompagnées d'exuviations périodiques de la couche externe, chitineuse, du tégument. Après chaque *ecdysis* de ce genre, le corps est mou et l'animal se met à l'abri dans une cachette jusqu'à ce que sa « coquille » soit reformée.

MANIPULATION

1. Caractères externes généraux.

L'animal est recouvert d'un épais *exosquelette :* on y reconnaît facilement les parties suivantes :

a. Le corps proprement dit :

α. Sa partie antérieure non segmentée (*céphalothorax*) *:* la grande plaque en forme de bouclier (*carapace*) qui recouvre le céphalothorax sur le dos et sur les côtés; le sillon transversal de la carapace (*suture cervicale*) qui marque la ligne de jonction de la tête proprement dite et du thorax : le prolongement antérieur de la carapace qui forme l'*épine frontale*.

β. La partie postérieure segmentée (*abdomen*); les sept divisions qui la composent; les six premières très semblables entre elles, la dernière (*telson*) différente des autres.

b. Le grand nombre de membres articulés (appendices) attachés à la face ventrale du corps : leurs divers caractères dans les différentes régions.

c. Les ouvertures extérieures du corps :

α. La *bouche;* on la voit en écartant les appendices situés au-dessous de la tête.

β. L'*anus;* c'est une fente longitudinale située à la face inférieure du telson.

γ. Une *paire d'orifices génitaux;* on les trouve : chez le mâle, sur la première articulation de la dernière paire des appendices thoraciques; chez la femelle, sur la première articulation de l'antépénultième appendice thoracique.

[δ. L'ouverture des organes auditifs.

ε. Les orifices des glandes vertes.

On verra plus facilement ces derniers orifices, lorsque les appendices sur lesquels ils sont situés auront été séparés du corps. Voy. § 21 *f*. et *g*.]

2. Examinez avec soin le 3e segment ou somite abdominal et ses appendices.

a. Le segment en lui-même, arqué en dessus, aplati en dessous.

α. Sa portion dorsale (*tergum*), dont la partie antérieure, lisse, est recouverte par le segment précédent lorsque l'abdomen est en état d'extension, et dont la partie postérieure rugueuse recouvre le segment suivant.

β. La surface ventrale du segment : elle s'articule avec les portions correspondantes du segment qui précède et des segments postérieurs au moyen d'une membrane flexible.

γ. L'articulation des appendices avec le somite.

δ. Le *sternum :* portion de la surface ventrale du somite située entre les points d'insertion des appendices.

ε. L'*épimeron :* portion de la surface ventrale située à droite et à gauche à la face externe de l'insertion des appendices.

Cette région a peu d'étendue et se continue presque directement avec les parois internes de la plèvre.

ζ. L'extension en bas (*plèvre*) des parois latérales du somite, formée par un prolongement du tergum et de l'épimeron : la facette lisse qui se trouve sur la moitié antérieure de la plèvre à l'endroit où elle est recouverte par le segment précédent.

b. Les *appendices* ou *pieds-nageoires*, un de chaque côté; chacun est constitué par :

α. La portion basilaire courte, bi-articulée (*protopodite*), formée d'une pièce proximale courte et d'une pièce distale, plus longue.

β. Les lamelles aplaties, allongées dans le sens antéro-postérieur, attachées à l'articulation distale du protopodite; l'une est intérieure (*endopodite*), l'autre extérieure (*exopodite*).

3. Les 4e et 5e segments abdominaux ressemblent de tous points au 3e.

4. Le 6e segment abdominal; ses appendices modifiés :

α. Le protopodite, représenté par un seul article court et gros. (Dans le homard, l'article basilaire unique est incomplet.)

β. L'exopodite et l'endopodite : larges plaques bordées de soies; l'exopodite est divisé en deux portions par une articulation transversale.

5. Le *telson*.

Plaque plate qui ne porte point d'appendices; divisée en deux por-

tions par une articulation transversale (non divisée chez le Homard): caractère membraneux de la surface ventrale de sa division inférieure dans la plus grande partie de son étendue.

La *nageoire*, formée par le telson et les appendices du 6e segment abdominal.

6. Le second segment abdominal.

Chez la femelle, il ressemble entièrement au troisième : chez le mâle ses appendices sont modifiés; le protopodite et l'article basiliaire de l'endopodite sont très allongés, et le dernier se prolonge sous la forme d'une plaque qui s'enroule sur elle-même de façon à former un demi-canal, concave en dedans. (Chez le Homard, l'endopodite se prolonge en dedans sous la forme d'une proéminence ovale.)

7. Le premier segment abdominal; ses appendices; rudimentaire chez la femelle (à la place des deux divisions qu'il présente chez l'Écrevisse, chez le Homard il n'en a qu'une), il ne consiste chez le mâle qu'en une simple plaque enroulée sur elle-même.

Chez le Homard, cet article unique qui le termine a la forme d'une écumoire plate ou d'une cuillère étroite dont la face concave serait tournée en dedans.

8. *La structure du céphalo-thorax.*

α. Examinez encore une fois la carapace avec son épine frontale et sa suture cervicale.

β. Retournez l'animal et notez les sternums très étroits situés entre les points d'insertion des appendices thoraciques.

Chez l'Écrevisse, le dernier somite thoracique n'est pas complètement ankylosé dans le sens vertical avec celui qui se trouve au devant de lui, tandis que ce fait a lieu chez le Homard.

γ. Soulevez avec une pince le bord libre de cette portion latérale de la carapace qui se trouve précisément au-dessus de la base des appendices thoraciques et que l'on appelle le *branchiostégite :* remarquez qu'il est formé par le réunion des grandes plèvres des segments thoraciques, et qu'il recouvre une chambre où se trouvent les branchies.

9. Notez que le plan occupé par les sternums des trois somites thoraciques antérieurs de l'animal (ces somites sont indiqués par leurs appendices) est coudé presque à angle droit avec le plan des autres sternums du céphalo-thorax — de telle sorte que leurs appendices sont dirigés en avant au lieu de l'être en bas.

10. Faites une coupe verticale d'un morceau d'exosquelette décalcifié par une macération de quelques jours dans une solution d'acide chromique à 1 0/0.

a. Il paraît composé d'un grand nombre de lames parallèles qui sont plus épaisses vers l'extérieur. Ces lames présentent des lignes parallèles mal définies qui se dirigent perpendiculairement à leur surface et qui donnent à leurs bords une apparence striée. La couche extérieure est plus transparente que le reste et perd sa striation.

b. L'épiderme, situé au-dessous de la plus interne des lames dont nous venons de parler, est composé de cellules mal définies, ramifiées, granuleuses et nucléées : la plus externe émet un grand nombre de prolongements courts qui se terminent par des extrémités renflées et pénètrent à une courte distance dans l'exosquelette.

11. Les organes respiratoires.

Enlevez encore le branchiostégite d'un côté et examinez les branchies; elles sont au nombre de 18, formant deux séries :

α. Six sont attachées aux épipodites de certain membres (2e et 3e maxillipèdes, chelæ, 1re, 2e et 3e paire de pattes ambulatoires).

β. Les douze autres sont fixées aux côtés du corps et chacune d'elles consiste en une tige centrale qui émet un grand nombre de filaments délicats.

γ. Coupez les branchies, en notant les deux grands canaux qui se trouvent dans la tige de chacune d'elles et observez le sillon cervical au-devant de la chambre branchiale, avec le scaphognathite (21 *d*. α), qui s'y trouve.

δ. Chez le Homard, il y a vingt branchies de chaque côté; elles sont disposées de la même façon, sauf en ce qu'il y en a 14 sur les côtés du corps.]

12. Organes circulatoires.

Plongez l'animal dans l'eau, la face ventrale en bas : coupez soigneusement avec une paire de ciseaux la portion dorsale de la carapace qui se trouve en arrière de la suture cervicale et cette portion de la paroi du thorax dont les branchies ont été enlevées.

On met ainsi à nu une chambre (le *sinus péricardique*) dans laquelle se trouve un sac polygonal (le *cœur*).

a. Les six orifices qui font communiquer le sinus et le cœur, deux orifices supérieurs, deux inférieurs et deux latéraux; passez-y des soies. Les artères naissant du cœur; cinq antérieures, une (*artère ophthalmique*) unique, sur la ligne médiane; les autres (*artères antennaires* et *hépatiques*) par paires; une, l'*artère sternale*, la plus volumineuse de toutes, qui part du bout postérieur du cœur.

b. Coupez et enlevez la partie dorsale des somites abdominaux et



suivez en arrière la *branche supérieure abdominale* de l'artère sternale, en enlevant avec précaution les muscles qui, dans la région abdominale, pourraient la recouvrir. Elle apparaît sous la forme d'un tube transparent reposant sur la ligne médiane de l'intestin (14 *b.*); dans le Homard femelle, elle est séparée de cet organe en avant par les extrémités postérieures des deux ovaires. A sa partie supérieure, elle distribue des branches aux muscles qui la recouvrent, ainsi qu'une paire de branches qui vont à droite et à gauche dans les intervalles situés entre chaque paire de somites. Dans le sixième somite abdominal, elle se termine en se divisant en trois ou quatre grandes branches qui passen en rayonnant dans le telson. En raison de la petite taille de l'Écrevisse, il est difficile de disséquer cette artère chez cet animal.

c. L'artère sternale présente une dilatation à son origine, précisément au point où les branches dont nous venons de parler en naissent. Alors elle se dirige en bas verticalement du côté de la face ventrale, et passe sur un côté de l'intestin. Nous décrirons plus loin le cours qu'elle suit à partir de là.

13. Organes reproducteurs.

Ils présentent chez l'Écrevisse et chez le Homard des différences. Ils sont en partie situés au-dessous du cœur, qui doit par conséquent être enlevé ou rejeté de côté si on veut les voir. Les deux espèces sont unisexuées.

a. Organes génitaux de l'Écrevisse.

α. Le testicule. Masse jaunâtre trilobée : de ces lobes, deux sont plus grands que le troisième et se dirigent en avant côte à côte sur la ligne médiane : le troisième lobe est dirigé en arrière.

β. Les deux canaux déférents naissent au point où le lobe postérieur du testicule s'unit aux deux autres. Au voisinage de la glande, chacun d'eux est étroit, mais il s'élargit en allant en arrière, s'enroule sur lui-même d'une façon très compliquée et finit par s'ouvrir dans l'orifice génital situé du même côté que lui (1. *c.* *γ.*). Suivez le cours du canal déférent du côté dont vous aurez enlevé la paroi thoracique (12).

γ. Dissociez dans l'eau un fragment de testicule, et examinez la préparation avec l'objectif n° 5. Le testicule paraît composé de cœcums tubuleux.

Dans le testicule ou dans le canal déférent on trouve quelques spermatozoïdes : ils sont immobiles et ont la forme de cellules nucléées pourvues de prolongements rayonnants.

δ. L'*ovaire* est une glande qui, par sa couleur et sa forme, ressemble beaucoup au testicule du mâle. De cet ovaire naissent deux oviductes courts qui se dirigent presque directement en bas vers les orifices génitaux. (1. *c*. γ.)

b. Organes génitaux du Homard.

α. Les testicules sont deux longs tubes situés en partie dans le thorax, en partie dans l'abdomen. Leurs portions postérieures convergent sur la ligne médiane, mais divergent en avant, et à un quart environ de la longueur de chacun d'eux à partir de son extrémité antérieure, une courte branche transversale les unit.

β. Le *canal déférent* naît un peu au-devant du milieu de chaque testicule et se dirige sans former de circonvolutions vers l'orifice génital. Il est dilaté dans sa moitié distale.

γ. Dissociez dans l'eau un morceau du testicule et examinez la préparation avec l'objectif n° 5 — pour voir les *spermatozoïdes*. Ils sont immobiles et constitués par une cellule allongée de l'une des extrémités de laquelle partent trois prolongements rigides, pointus.

δ. Les ovaires du Homard sont également allongés et se trouvent en partie dans le thorax et en partie dans l'abdomen, au-dessus du tube digestif (14). Chacun d'eux est une masse d'un vert-foncé, à l'extérieur de laquelle on peut apercevoir de petites éminences arrondies (indice des œufs qu'elle contient). Près de leur extrémité antérieure, les deux ovaires viennent au contact l'un de l'autre sur la ligne médiane, et pendant un court trajet ils sont réunis l'un à l'autre.

ε. De chaque ovaire, il naît un peu en avant et sur la ligne médiane un oviducte qui se dirige immédiatement vers l'orifice génital du même côté.

14. Organes de la nutrition.

a. Enlevez la portion dorsale de la carapace située au-devant de la suture cervicale; vous mettrez ainsi à découvert, en avant du cœur, une poche volumineuse, — l'*estomac :* faites-y pénétrer une soie par l'œsophage en la faisant entrer par l'orifice buccal situé entre les mandibules.

b. Suivez en arrière l'intestin tubuleux de l'estomac à l'anus. Chez le Homard, l'intestin se dilate aux environs de l'anus. Dans l'Écrevisse, il présente tout près de l'estomac un petit cœcum, tandis qu'il offre aux environs de l'anus une particularité analogue chez le Homard.

c. Examinez le foie.

α. C'est une masse molle, allongée, d'un jaune pâle, située de chaque côté du céphalo-thorax et débouchant de chaque côté dans le tube digestif par un conduit, au point où l'intestin s'unit à l'estomac.

β. Dissociez dans l'eau un morceau du foie; il est composé de cæcums ramifiés qui, au microscope, paraissent tapissés par une couche de cellules *(épithélium)*.

d. Enlevez avec soin le tube digestif, en coupant l'œsophage tout près de l'estomac.

α. Ouvrez ce dernier sous l'eau et observez la constriction qui le divise en une portion antrieure (cardiaque) et une portion postérieure (pylorique).

β. La charpente qui le supporte, et les poils qu'il contient et la calcification de la membrane qui le tapisse.

15. Maintenant suivez l'artère sternale (en enlevant le tube digestif et les organes génitaux) jusqu'à son entrée dans un canal (*canal sternal*) formé par des proéminences internes de l'exosquelette de la surface ventrale de l'animal. A l'endroit même où elle y pénètre, l'artère sternale émet sa *branche abdominale inférieure* qui court le long de la ligne médiane de l'abdomen immédiatement en dedans des sternums des somites. Suivez cette branche en arrière en enlevant les muscles qui la recouvrent. En procédant ainsi, vous mettrez à découvert la portion abdominale de la chaîne nerveuse. Elle est située immédiatement au-dessus du vaisseau sanguin ; il faut prendre garde de l'endommager.

16. Le système nerveux.

α. Trouvez le *ganglion sus-œsophagien* au devant de l'œsophage.

β. Les *commissures circum-œsophagiennes* qui en partent et vont en arrière.

γ. Suivez en arrière ces commissures, en coupant les parties dures formant la voûte du canal sternal, que vous rencontrez en route; elles aboutissent à une chaîne de *six ganglions*, situés au long du plancher du céphalo-thorax, et unis entre eux par un double cordon (*commissures*). Dans le canal sternal, on peut voir l'artère sternale entre les ganglions.

δ. Suivez en arrière le cordon unique qui va du dernier ganglion thoracique à l'abdomen, en enlevant tous les muscles que vous rencontrez en chemin. Vous mettrez à découvert une chaîne de six ganglions, un pour chaque segment abdominal, qui sont unis par un cordon nerveux unique.

17. La glande verte.

Masse verdâtre, molle, qui se trouve de chaque côté, tout à fait à la partie antérieure de la cavité céphalo-thoracique; faites pénétrer une soie très fine dans l'orifice de son conduit excréteur, situé sur l'article basilaire de l'endopodite de l'antenne.

18. Dissociez dans l'eau un fragment de muscle et examinez-le au microscope; notez sa structure; il est composé de fibres, strié d'une façon régulière par des bandes alternativement plus claires et plus foncées.

19. Dissociez dans l'eau un fragment de cordon nerveux parfaitement frais et colorez avec l'aniline ou l'hématoxyline.

a. Il est composé de fibres fines, de grandeur variable, constituées chacune par une membrane extérieure anhiste, parsemée de noyaux, qui entoure un axe central transparent ou parfois finement granuleux ou indistinctement fibrillaire.

20. Dissociez dans l'eau un ganglion traité préalablement par l'acide osmique.

a. Il est composé de grandes cellules ovales, ramifiées, consistant chacune en une masse granuleuse dans laquelle est enfoui un noyau rond transparent, qui renferme un nucléole.

21. Les appendices.

En commençant par le sixième segment abdominal, enlevez avec des pinces les appendices du corps et disposez-les en odeur sur un morceau de carton. Les appendices abdominaux ont été décrits plus haut; sur les autres, notez les particularités suivantes, en allant d'arrière en avant.

a. Les quatre appendices thoraciques postérieurs (pattes ambulatoires).

α. Le plus en arrière : allongé, 7-articulé, les articulations jouant dans différents plans, de sorte qu'en somme le membre peut se mouvoir dans toutes les directions; les articles ont reçu les noms suivants : l'article proximal, court et épais, *coxopodite;* le suivant, petit et conique, *basipodite;* le suivant, cylindrique et sillonné par une constriction annulaire, *ischiopodite;* le suivant, plus long, *méropodite;* puis successivement, le *carpopodite,* le *propodite* et la *dactylopodite.* Il est probable que le coxo- et le basipodite réunis représentent le protopodite des appendices abdominaux; les autres articles, l'endopodite; l'exo- et l'épipodite sont absents.

β. La patte ambulatoire suivante est d'une façon générale semblable à la précédente, mais porte, attaché au coxopodite un long, appendice



membraneux aplati qui monte dans la chambre branchiale : il porte une branchie.

γ. La patte ambulatoire qui vient) immédiatement après (en allant toujours en avant) diffère de la dernière en un seul point : elle a le propodite prolongé de façon à devenir opposable au dactylopodite et à former une paire de pinces (*chelæ*).

δ. La patte ambulatoire tout à fait antérieure ressemble entièrement à et, comme elle, porte une branchie.

b. La grande pince : beaucoup plus grande et plus puissante que ce dernier appendice; mais lui ressemblant de tout point, sauf en ce que son ischiopodite et son basipodite sont ankylosés ensemble; elle porte une branchie.

c. Les trois maxillipèdes.

α. Le maxillipède postérieur : sa portion basilaire courte, épaisse, 2-articulée (protopodite); les trois prolongements qui s'y articulent; l'externe (*épipodite*), lame recourbée, allongée, située dans la chambre branchiale et portant une branchie; le moyen (exopodite) long, étroit, pluri-articularité; l'interne multi-articulé (endopodite), et ressemblant beaucoup à l'une des pattes ambulatoires.

β. Le maxillipède moyen : ressemble beaucoup à α; cependant les deux articles du protopodite sont confondus et l'endopodite est moins fort.

γ. Le maxillipède antérieur; le protopodite, l'exopodite et l'épipodite sont tous présents, mais plus petits que ceux de *b* et l'épipodite ne porte point de branchie; l'endopodite est aplati et foliacé.

Les pattes ambulatoires, les grandes pinces et es maxillipèdes constituent ensemble les appendices du thorax; nous abordons maintenant l'étude de ceux qui appartiennent spécialement à la tête.

d. Les deux mâchoires.

α. La mâchoire postérieure : le protopodite et l'exopodite ressemblent aux pièces analogues du maxillipède antérieur dans leurs traits essentiels; l'épipodite et l'exopodite sont confondus et forment une large plaque ovale (*scaphognathite*) qui se trouve à l'extrémité antérieure de la chambre branchiale (11, γ).

d. La mâchoire antérieure : épipodite et exopodite rudimentaires; endopodite foliacé.

e. La mandibule. L'article basilaire en est fort, dentelé, pourvu d'un petit appendice (le palpe) qui représente l'endopodite; il n'y a rien pour représenter l'épipodite et l'exopodite.

f. L'antenne. Portion basilaire 2-articulée (protopodite), portant une plaque aplatie (exopodite rudimentaire) et un long filament multi-articulé (l'endopodite) : l'orifice de la glande verte (17) sur le côté oral de l'article basilaire du protopodite.

g. L'antennule. Article basilaire volumineux, triangulaire, portant une paire de filaments articulés (endopodite et exopodite) : l'orifice de l'organe auditif (24) est au milieu d'une petite touffe de poils sur l'article basilaire.

h. Les ophthalmites ou pédoncules oculaires. Appendices courts, 2-articulés qui représentent seulement un basipodite.

22. Revenez maintenant sur les 20 paires d'appendices et comparez chacun d'entre eux avec le 3ᵉ maxillipède : on peut supposer qu'ils dérivent tous de celui-là par suppression, coalescence ou changement spécial de forme ; c'est ce qu'on appelle un appendice typique.

23. Structure de l'œil.

a. Prenez l'œil d'un homard que vous aurez laissé séjourner pendant quatre ou cinq jours dans une solution à 0,5 pour cent d'acide chromique, et ensuite vingt-quatre heures ou davantage dans l'alcool. Examinez-en la surface à la lumière réfléchie avec un objectif nº 1.

Il paraît divisé en un grand nombre de petites alvéoles carrées ou facettes dont chacune présente comme un sillon peu marqué qui la coupe en diagonale d'un coin à l'autre.

b. Inclusez l'œil et pratiquez perpendiculairement à sa surface un grand nombre de coupes : montez-les dans la glycérine et examinez-les avec un objectif nº 1.

α. Si le plan de section a passé par le milieu de l'œil, la coupe devra présenter à votre examen une masse centrale (ganglion optique) d'où un grand nombre de lignes semblent rayonner vers les facettes de la surface. Ces lignes rayonnantes (qui sont obscurcies çà et là par des couches concentriques de pigment) sont l'indication des *fuseaux striés*, des *bâtonnets* et des *cônes cristallins*.

c. Examinez à un fort grossissement vos plus fines coupes ou bien une des plus épaisses dissociée dans la glycérine. En commençant par l'extérieur, vous observez successivement :

α. La *cornée*, qui correspond à l'une des facettes superficielles. La surface extérieure en est plate et l'intérieure légèrement convexe. Immédiatement au-dessous de la cornée on voit (dans les préparations réussies) une couche légèrement granuleuse.

β. Le *cône cristallin*, corps anguleux, transparent, obscurci d'habitude par du pigment. Si pareil cas se présente, on montera une

autre coupe dans une solution diluée de potasse caustique, qui enlève le pigment.

γ. En arrière du cône cristallin nous trouvons le *bâtonnet*. Il est très large au point où il touche le cône, mais il se rétrécit en arrière où il se continue avec le fuseau strié. Sur un œil frais, traité par l'acide osmique et dissocié, chacun de ces bâtonnets peut se résoudre en quatre fibres.

δ. Le *fuseau strié* est fusiforme et présente une striation transversale bien nette. Toutefois, entre ses stries bien marquées, un examen scrupuleux à un fort grossissement peut en faire découvrir d'autres beaucoup plus fines. Les extrémités extérieures de ces fuseaux sont en rapport avec la seconde des couches pigmentées que l'on voit à un faible grossissement (*b*. α.) : on les aperçoit mieux sur des préparations traitées par une solution diluée de potasse caustique.

ε. En arrière des fuseaux striés se trouve une membrane perforée à travers laquelle passent les fuseaux qui se continuent avec le ganglion optique. De leurs extrémités partent des fibres nerveuses qui se dirigent en convergeant vers l'intérieur et au milieu desquelles sont parsemées des cellules nerveuses. Dans le ganglion il existe plusieurs bandes pigmentées concentriques.

ζ. Si la coupe va jusqu'en arrière le long du nerf optique, on peut voir au milieu des fibres deux masses lenticulaires placées obliquement.

η. Une membrane qui enveloppe l'ensemble formé par chaque cône, le bâtonnet et le fuseau correspondant va en arrière de la cornée au ganglion optique. C'est sur cette membrane que se trouve la plus grande partie du pigment qui forme les deux bandes foncées extérieures. Sur les bâtonnets, le pigment est absent et dans cette région on peut voir que la membrane est semée de noyaux ovales.

24. L'organe auditif.

Il est situé sur l'article basilaire de l'antennule. C'est sur le homard qu'il est le plus facile à examiner. La surface supérieure de cet article basilaire est plate en arrière.

Elle porte plusieurs touffes de poils : une entre autres, très petite et placée au côté interne de la surface aplatie, précisément à l'angle qu'elle forme en s'unissant à la portion arrondie ; un orifice situé au milieu de ces poils mène dans le sac auditif ; on peut facilement y faire passer une soie.

a. Prenez l'antennule toute fraîche d'un homard et enlevez la surface inférieure de son article basilaire. On y aperçoit facilement un

sac chitineux, transparent, au milieu des muscles... etc. : c'est le sac auditif, il a environ 8 millimètres de long. Disséquez-le avec soin.

b. En exposant ce sac à la lumière, on aperçoit sur sa surface inférieure un petit amas de matière pulvérulente, situé près de l'orifice par lequel il communique avec l'extérieur. En arrière de cet amas on voit une ligne courbe opaque; et plus en arrière encore, et concentrique à cette ligne une bande brune plus courte. Coupez avec soin la portion du sac qui porte ces bandes, montez-la dans l'eau de mer ou dans la solution de chlorure de sodium et examinez-la avec un objectif n° 1.

α. La ligne blanche correspond à une crête au sommet de laquelle est une rangée de grands poils, et sur l'espace brun comme sur le côté opposé de la rangée principale, on peut voir des poils plus petits réunis en groupes clair-semés.

c. Examinez avec l'objectif n° 5.

α. Chacun de ces poils que nous avait fait voir un faible grossissement paraît maintenant entièrement recouvert d'innombrables poils secondaires très fins, qui sont plus courts vers la base du poil principal. A ce même endroit, chaque poil principal subit d'abord une constriction, puis forme ensuite en se dilatant une espèce de bulbe qui est fixé à la paroi du sac.

β. L'amas brun paraît devoir sa couleur à une couche unique de cellules épithéliales polygonales qui contiennent des granulations pigmentaires.

γ. En déplaçant le foyer à travers cette couche épithéliale, on aperçoit un grand nombre de bandes, parallèles entre elles, légèrement granuleuses, qui se rendent chacune à la base d'un des poils de la rangée principale située au sommet de la crête. A son entrée dans la base du poil, chaque bande subit une constriction, et en arrivant à l'élargissement bulbeux du même poil, s'unit à une petite papille hémisphérique qui s'y trouve contenue.

δ. Mettez un sac auditif frais dans une solution à 1 0/0 d'acide osmique. Vous le laisserez séjourner là une demi-heure, puis ensuite vingt-quatre heures dans l'eau distillée; à l'examen, chacune des bandes granuleuses dont il a été parlé plus haut paraît être constituée par un faisceau de fibres fines qui, de distance en distance, subissent des élargissements fusiformes.

ε. Le sac auditif du homard est en grande partie uniformément tapissé de poils très fins que l'on n'aperçoit qu'à un fort grossissement. L'épithélium est absent, excepté sur l'amas pigmenté mentionné plus haut.



d. Le sac auditif de l'Écrevisse ressemble beaucoup à celui du Homard, et peut être examiné de la même façon. Il ne vaut pas toutefois autant, à cause et de sa petitesse relative et de ses poils auditifs, qui sont plus longs, il est vrai, mais qui sont réunis en une touffe serrée, ce qui empêche de voir aussi bien leur mode d'insertion.

(A suivre.)

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des sciences d'Amsterdam.

Séance du 28 avril 1883.

M. Donders s'est occupé de comparaisons spectroscopiques ayant rapport à la composition de différentes sources lumineuses et surtout au sens de la lumière et des couleurs.

1° Dans la réunion de l'association britannique, en 1881, lord Rayleigh avait communiqué que le rapport entre les quantités de rouge spectral et de vert spectral, nécessaires pour former du jaune spectral, différait beaucoup chez différentes personnes douées d'ailleurs d'un sens chromatique normal. Le mélange qui pour la grande majorité fournissait du jaune correspondant environ à D, Fraunhofer donnait, pour un petit nombre d'individus, un rouge presque égal au rouge de aque. Pour obtenir du jaune, il fallait plus que doubler la quantité du vert. — Le résultat que, au moins à ce point de vue, des yeux normaux devaient rapporter à deux catégories différentes, était entièrement imprévu. Aussi M. Donders voulut-il l'étudier de plus près. Dans les recherches entreprises à cet effet, et auxquelles M. le docteur Waelchli a prêté son concours, il a été fait usage de l'appareil à fentes présenté à l'Académie dans une occasion antérieure (voir *Procès-verbal* du 26 février 1881) : appareil muni de deux fentes couplées, dont les spectres fournissent les composantes, et d'une fente simple, dont le spectre fournit le jaune spectral. Cet appareil a été combiné avec les prismes jumeaux de MM. Von Krie et Frey : deux prismes très minces, unis par leurs arêtes réfringentes en une ligne qui vient se placer horizontalement derrière la lentille de la lunette. De cette manière, les trois fentes donnent six spectres : deux spectres simples, et deux paires de spectres, qui se recouvrent en partie. De ces spectres, l'un des simples et l'une des paires tombent dans la fente oculaire (tandis que les autres sont interceptés par le diaphragme), à savoir l'inférieure des paires en recouvrement et le supérieur des spectres simples.

La fente oculaire est large de 0 millim. 3 et haute de 0 millim. 5. L'œil, placé immédiatement en avant, reçoit toute la lumière transmise des trois spectres, mais avec une différence de direction, celle du spectre simple dans une direction légèrement ascendante, celle des spectres couplés dans une direction légèrement descendante; par suite, il voit un cercle, correspondant à la lentille de la lunette, dont la moitié inférieure se montre dans la lumière simple, la moitié supérieure dans la lumière mélangée, ces deux moitiés étant seulement séparées par une mince ligne horizontale.

Les fentes lumineuses étaient disposées de telle sorte que, des fentes couplées, le rouge de lithium ($\lambda = 0{,}6705$), et le vert de thallium ($\lambda = 0{,}535$) de la fente simple, le jaune de sodium ($\lambda = 0{,}589$) correspondaient à la fente oculaire.[1] La

somme des fentes couplées ne s'élevait pas à plus de 1 millim., soit cent parties de l'échelle, dont on peut facilement estimer les dixièmes.

En faisant tourner la vis des fentes couplées, l'observateur obtenait le rapport nécessaire pour la couleur de comparaison; en faisant mouvoir la vis de la fente simple, il réalisait l'égalité des intensités ; sur le tambour de la première il pouvait alors lire les largeurs de fente (les centièmes) du rouge et du vert ; sur celui de la seconde, les valeurs correspondantes du jaune spectral. — La source lumineuse était une forte flamme de gaz (brûleur de Sugg), dont on réglait la hauteur et dont la pointe et la base étaient cachées par un écran, de sorte que la partie moyenne seule servait à l'éclairage du verre blanc dépoli qui jetait sa lumière sur les fentes. De cette façon, la condition de la constance d'intensité lumineuse est suffisamment remplie, et la composition de la lumière, au moins en ce qui concerne le rapport entre le rouge de lithium et le vert de thallium, a aussi été trouvée jusqu'ici très fixe, au point de ne pas même présenter de différence appréciable pour le gaz fabriqué avec du charbon soit anglais soit allemand. — Les comparaisons ont été faites, avec l'un et l'autre œil, par une cinquantaine de personnes, des hommes jeunes pour la plupart. L'auteur lui-même a obtenu du jaune de sodium parfait, un peu plus pâle seulement que la couleur spectrale, par le mélange de 28 parties de vert de thallium et de 72 parties de rouge de lithium ; M. Engelmann l'a obtenu du mélange de 23,5 parties du premier et de 76,5 parties du second. Pour les autres personnes, à un petit nombre d'exceptions près, le rapport était suffisamment compris entre ces deux limites. Tous les yeux forment une seule catégorie, le maximum des cas se trouvant au milieu. Le vert et le rouge nécessaires sont ici dans le rapport de 1 : 2 1/2 à 1 : 3. L'erreur probable est de moins d'un demi pour cent. Chez l'un des observateurs, le Dr Sulzer, de Zürich, l'œil gauche se trouvait à l'une des limites, l'œil droit à l'autre.

En dehors de cette catégorie, on a rencontré quelques cas, environ 1 sur 16, exclusivement chez des hommes, dans lesquels le rapport était tout différent, savoir, à peu près de 1 : 1. Evidemment, lord Rayleigh a aussi observé de pareils cas, chez ses trois beaux-frères et chez trois autres personnes. Il s'est seulement trompé en attribuant à ces personnes un sens chromatique normal. M. Donders a reconnu an effet, que dans tous les cas de ce genre on trouve un sens chromatique plus aible, l'œil étant moins sensible aux différences entre le vert et le jaune, et le rouge aussi se caractérisant moins bien. On n'a qu'à chercher des sujets distinguant mal les lettres et nombres speudo-isochromatiques de Stilling, pour retrouver, au moins chez la plupart d'entre eux, la proportion anormale d'environ 1 : 1. En suivant cette voie, M. Donders a eu promptement l'occasion d'étendre ses recherches à une vingtaine de personnes, en majeure partie des docteurs, des étudiants et des élèves du lycée. On trouve donc, dans ces cas, des formes de transition entre l'achromatopsie et le sens chromatique normal, telles que l'auteur avait déjà appris à les connaître antérieurement, à l'aide de ses prismes liquides doubles (*Onderzœkingen physiol. Laboratorium*, 3e série, t. VII, p. 104). Ces cas ont aussi confirmé de nouveau qu'il n'existe que des passages de l'achloropsie au système normal, non de l'anérythropsie, — résultat auquel il attribue une importance particulière. Le critère pour distinguer les anérythropsiques des achloropsiques se trouve dans le rapport

des intensités lumineuses entre le jaune et le rouge, et entre le jaune et le vert; c'est ce que M. Donders a rendu sensible au moyen des courbes des intensités lumineuses, en fonction des longueurs d'onde, d'un aveugle pour le rouge et d'un aveugle pour le vert. Il se réserve, d'ailleurs, de revenir plus tard sur les degrés de transition au système normal.

2° M. Donders a examiné ensuite avec quelles proportions de vert de thallium et de rouge de lithium peuvent être obtenues toutes les couleurs comprises, dans le spectre, entre les deux qui viennent d'être nommées; il a cherché, en outre, le degré d'intensité des couleurs ainsi formées. Les résultats de cette étude étant traduits en courbes, on voit que, pour la catégorie des sujets à sens chromatique normal, ces courbes ont la même forme; pour la catégorie des viciés, qui du reste s'éloignent beaucoup des premiers, elles se ressemblent aussi, en général, entre elles, mais en montrant pourtant, d'une manière évidente, tous les passages au système normal et à celui des achloropsiques.

3° En ce qui concerne la saturation des couleurs mixtes, M. Donders a trouvé que les limites entre lesquelles elle a été regardée par M. J.-J. Müller comme égale à celle des couleurs spectrales sont prises beaucoup trop larges.

4° M. Donders remarque enfin que la comparaison des mélanges de deux couleurs spectrales avec une couleur simple donne un moyen sensible de juger de la composition de sources lumineuses différentes. En comparant par cette voie le rapport dans lequel le vert de thallium et le rouge de lithium entrent dans la lumière du gaz et dans celle du soleil, l'auteur et M. Engelmann sont arrivés aux mêmes résultats, et cela avec une exactitude qui n'est pas obtenue lorsque ces deux mêmes couleurs sont comparées directement dans la lumière du gaz et du soleil.

M. Engelmann traite de la *chlorophylle animale.*

Il fixe l'attention sur l'existence, dans nos eaux douces, de Vorticellines *(Vorticella, Cothurnia)* dont l'ectoplasme, sauf l'organe vibratile, a durant la vie une *coloration verte diffuse*. La matière colorante paraît être optiquement et chimiquement semblable à la chlorophylle végétale et dégager de l'oxygène à la lumière. Les formes vertes contiennent toujours très peu d'éléments nutritifs solides dans leur endoplasme, ce qui indique également qu'elles se nourrissent par assimilation à la manière des plantes vertes. Dans des conditions anormales, la matière colorante verte s'accumule à la surface du corps, en petits globules très réfringents ou en gouttes plus grosses, claires, albuminoïdes. Dans ces cas, M. Engelmann n'a pu constater avec certitude le dégagement d'O à la lumière. Aussitôt qu'il aura pu trouver et étudier un plus grand nombre d'individus de ces animalcules verts, assez rares, à ce qu'il paraît, il entrera dans plus de détails à ce sujet. Dès à présent, toutefois, il doit mettre en garde contre l'opinion qui, se fondant sur ce que les éléments morphologiques regardés autrefois comme des grains de chlorophylle animale ont été reconnus être de la nature des algues, voudrait nier l'existence de vraie chlorophylle animale.

M. Behrens communique les résultats de l'étude qu'il a faite des roches recueillies par Junghuhn dans les monts Midangan (Keboemèn, résidence de Bagelèn, île de Java). Outre le micaschiste, le schiste serpentineux, le hornstein et le porphyre quartzeux, que MM. Verbeek et Fennema y avaient indiqués en 1880, M. Engelmann

a trouvé du schiste amphybolique, avec et sans grenat, du diorite quartzeux et du diabase, ainsi que toutes sortes de conglomérats des schistes anciens et de l'andésite. Le terrain pré-tertiaire paraît, d'après M. Engelmann, s'étendre plus loin à l'ouest que M. Fennema ne l'avait annoncé, savoir jusqu'au Kati Poetjoeng.

Séance du 26 mai 1883.

M. Kauwenoff rend compte de ses recherches sur le *Sphæroplea annulina* Ag., algue assez rare, de la section des Confervoïdées oogames. Par rapport à la structure et au mode de reproduction de ces plantes, qu'il a obtenues par la culture de zygates, il peut confirmer en grande partie les résultats que M. Cohn a fait connaître en 1856. Mais, en outre, il a découvert chez ces plantes plusieurs particularités qui lui paraissent offrir une certaine importance, parce qu'elles peuvent contribuer à l'élucidation et à la solution de quelques problèmes intéressants, à l'ordre du jour.

1° Les filaments du *Sphæroplea annulina*, longs, minces et terminés en pointe aux deux côtés, sont divisés, à des distances plus ou moins grandes, par des cloisons transversales, qui se présentent comme des poutres épaisses, de forme irrégulière, avec toutes sortes d'excroissances et de proliférations. Ces poutres, d'un éclat et d'une biréfringence très prononcés, consistent en cellulose pure et montrent des couches différentes. Elles naissent sous la forme d'anneaux ou d'excroissances, à la face interne de la paroi cellulaire, et, ou bien elles restent ouvertes au milieu, ou bien elles sont fermées plus tard, soit à partir d'un seul côté, soit à partir de tous les deux, par une espèce de gros tampon de cellulose. Tant par leur structure que par leur mode de formation, ces poutres semblent pouvoir être regardées comme une preuve de l'accroissement par opposition, à l'égal des poutres connues du *Caulerpa*, invoquées par MM. Dippel et Strasburger à l'appui de leur opinion.

2° Dans les cellules du *Sphæroplea*, on ne trouve pas de noyaux, mais beaucoup de chromatophores avec globules d'amidon. Lors de l'accroissement longitudinal des cellules, les chromatophores se divisent, et en même temps le nombre des anneaux de chlorophylle augmente. De part et d'autre des poutres, on voit une accumulation dense de ces chromatophores, qui sont unis aux poutres par des filaments plasmatiques minces et incolores. Quand se forment les oosphères, les chromatophores et le plasma incolore se réunissent en grumeaux denses, irréguliers, comme suspendus dans la cavité de la cellule par des fils plasmatiques déliés, et séparés les uns des autres par des disques plasmatiques minces, mais nettement limités, qui plus tard disparaissent complètement.

3° Lors de la formation des spermatozoïdes, les chromatophores perdent leur couleur verte et deviennent peu à peu brun clair, en même temps qu'ils se fractionnent, ainsi que le plasma, en une multitude de petits grains. Au début, les anneaux réguliers persistent; mais la totalité du protoplasma est peu à peu partagée en un liquide limpide et en nombreux microsomes, qui sont appliqués surtout en couche épaisse sur la paroi interne de la cellule. Ensuite, les anneaux

disparaissent, et il se produit un réseau à larges mailles de petits microsomes groupés sous forme de filaments et entourés d'autres microsomes, placés à une plus grande distance les uns des autres. Finalement, on voit les microsomes condensés, principalement à la face interne de la paroi cylindrique, en quelques masses limitées nettement par une couche membraneuse du protoplasma, et séparées entre elles par de grandes vacuoles ellipsoïdes. Dans ces masses, les microsomes se groupent en corpuscules ovoïdes ou fusiformes, munis de deux cils.

Ainsi se forment, dans une même cellule, un grand nombre de spermatozoïdes, qui se meuvent d'abord lentement, puis avec une rapidité extrême, surtout au pourtour des grandes vacuoles; au bout de quelques minutes, ils s'échappent de la cellule par une ouverture née dans sa paroi, et pénètrent, par une ouverture analogue, dans une des cellules voisines, remplies d'oosphères, pour y accomplir la fécondation. Ce processus de la formation des spermatozoïdes n'a pas lieu simultanément, mais successivement, pour les différentes masses protoplasmiques, séparées par des vacuoles, d'une même cellule. De la fonction d'un noyau cellulaire, rien n'y est visible.

4° Les plantes de *Sphæropela annulina* paraissent susceptibles de se modifier notablement dans leur structure et leur mode de reproduction, suivant les circonstances. Les exemplaires vigoureux sont monoïques; les faibles, dioïques. M. R. en a trouvé qui ne consistaient qu'en une cellule ou en un petit nombre de cellules, et qui produisaient uniquement des oosphères ou des spermatozoïdes. Lorsque la fécondation ne s'opère pas, les oosphères paraissent aussi pouvoir se développer par parthénogenèse, à savoir par scission et formation de zoospores dans la cellule-mère de *Sphæroplea*.

M. Franchimont traite d'une nouvelle classe de corps azotés. Sa communication a été imprimée au recueil des travaux chimiques des Pays-Bas.

M. van Bemmelen fait une première communication de la part de M. Bakhius Rooseboom sur la dissociation de l'hydrate solide de l'acide sulfureux. M. Bakhius Roosebrom a trouvé que la dissociation, en vase clos, est limitée par une tension maximum de l'acide sulfureux dégagé, indépendante de la quantité dissociée.

Séance du 30 juin 1883.

M. Fürbringer donne un aperçu sommaire de quelques-uns des résultats de ses recherches sur l'anatomie et la systématique des oiseaux.

Il présente d'abord quelques considérations sur différents muscles de la peau et de l'aile, qui en partie appartiennent aux muscles lisses, en partie se font connaître comme des différenciations spéciales, à développement élevé, des muscles striés des Vertébrés, lesquelles se laissent toutefois ramener à la musculature typique de la classe (M. Sphincter colli, cucullaris, cucullaris dorsocutaneus et præpatagialis, latissimus postpatagialis et dorso-cutaneus, serratus postpatagialis, pectoralis subcutaneus et præpatagialis, deltoides præpatagialis longus et brevis, biceps præpatagialis, etc.). Une courte description est ensuite donnée de quelques formations tendineuses spéciales; elles sont regardées en partie comme les rudiments d'une musculature mieux développée qui existait chez les reptiles (M. anconæus, coracoïdeus) ; en partie, elles représentent des

affermissements, ayant pour but une action musculaire réglée et assurée. Quelques exemples sont cités pour éclaircir les rapports compliqués de l'action des muscles, articulations, tendons et ligaments dans le vol des oiseaux.

Arrivé à la classification, M. Fürbringer soumet à une brève discussion les principaux systèmes proposés jusqu'ici. Il ne peut admettre qu'avec réserve la distribution des oiseaux en Carinatæ, Ratitæ et Odontornithidæ (avec Ichthyornis, Hesperornis et Archæopteryx). Il incline à placer Ichthyornis et Hesperornis dans les deux premières sections, le premier comme un prédécesseur phylogénétique des Larides, le second comme un prédécesseur ancestral des Ratites. En ce qui concerne l'Archæopteryx, les connaissances actuelles sont encore insuffisantes; peut-être est-ce aussi un Proto-Carinate. L'auteur traite ensuite de la place que les Ratitæ et les Carinatæ occupent les uns par rapport aux autres. Les premiers représentent le groupe inférieur; il est difficile de décider s'ils dérivent, par régression des ailes, des Carinatæ du trias, ou s'ils n'ont jamais été aptes au vol. La possibilité d'une réduction d'ailes un peu plus développées ne saurait (surtout chez Apteryx) être entièrement écartée; il est douteux, toutefois, que les ancêtres de ces formes aient jamais été capables de voler. La division en familles est aisée chez les Ratitæ, plus difficile chez les Carinatæ; chez eux aussi, toutefois, on parvient, en tenant compte du plus grand nombre de caractères possible, à constituer des groupes naturels, bien que ces groupes ne correspondent qu'en partie à ceux proposés par les systématistes antérieurs. Le phénomène de la formation du Palatum caractérise parfois une affinité naturelle, mais, d'autres fois, seulement des stades de développement; de même, il ne faut employer qu'avec prudence les caractères indiqués, par exemple, par M. Garrod. La dérivation des oiseaux de formes dinosauriennes est extrêmement probable. Parmi les Reptiles vivants, les Chéloniens, les Sauriens et les Crocodiliens offrent beaucoup de points directs de comparaison; en conséquence, les Oiseaux ne représentent pas des descendants d'*un* de ces Reptiles, mais se sont détachés à peu près en même temps qu'eux du tronc commun des Sauropsides.

M. van Bemmelen communique ce qui suit : Il y a quelque temps, M. Hensgen, assistant au laboratoire de chimie inorganique de l'université de Leyde, avait étudié l'action du gaz chlorhydrique sur les sulfates anhydres des alcalis, des terres alcalines, du protoxyde de fer et de l'oxyde de cuivre, et il avait trouvé que les premiers ne sont transformés en chlorures qu'à une température élevée (chaleur rouge), tandis que le sulfate de cuivre se comporte tout autrement : déjà à la température ordinaire, il absorbe, en s'échauffant fortement, 2 mol. HCl et donne naissance à $CuCl^2$ et à de l'acide sulfurique liquide. Cette action toutefois est de nouveau renversée dans un espace ne contenant pas d'acide chlorhydrique, ou même, sous l'influence de la chaleur, dans un courant de HCl gazeux.

M. Hensgen vient de reprendre ces recherches, surtout au point de vue de la chaleur qui doit être dégagée, ou non, dans la réaction entre les sulfates anhydres et l'acide chlorhydrique. D'après le calcul fondé sur les données thermiques, les sulfates de plomb, de zinc, de cuivre doivent donner lieu à un dégagement de chaleur, le sulfate d'argent même à un dégagement considérable; tandis que,

pour les sulfates des terres alcalines, le gain et la perte de chaleur se compensent environ. Avec les sulfates de cuivre, de plomb, de zinc, d'argent, il était donc possible que le gaz chlorhydrique réagît déjà à la température ordinaire.

Ces sulfates furent préparés avec beaucoup de soin. Le sulfate de zinc, chauffé dans un courant d'air sec, ne put être obtenu anyhdre, sans déperdition d'acide sulfurique, qu'à 230 degrés (des recherches antérieures mentionnent des températures plus hautes ou plus basses).

Les expériences apprirent que le sel argentique est le seul, parmi les sels en question, qui absorbe à la température ordinaire 2 mol. HCl en s'échauffant, qui se transforme complètement en chlorure, et pour lequel la réaction ne s'invertisse pas; de sorte qu'en chauffant le produit (à environ 300 degrés) dans un courant d'air sec l'acide sulfurique est chassé. Les autres sulfates, au contraire ceux de plomb et de zinc, et de même ceux de nickel, de cobalt, de fer et des sesquioxydes (oxydes chromique et ferrique), ne sont attaqués par l'acide chlorhydrique ni à la température ordinaire ni à 100 degrés. Le sulfate de plomb est décomposé par l'acide chlorhydrique à une température comprise entre 250 et 300 degrés, le sulfate de zinc entre 200 et 225 degrés, c'est-à-dire à des températures qui ne sont pas très loin de leur température de décomposition propre (en oxyde et anhydride sulfurique).

L'étude de ces phénomènes sera continuée par M. Hensgen.

M. Van de Sande Bakhuyzen fait quelques communications au sujet du bolide qui a été observé, le 3 juin dernier, à onze heures du soir, temps moyen d'Amsterdam, en différents points de notre pays, ainsi qu'en Angleterre et en Allemagne.

Des données qui lui sont parvenues de divers côtés, il a pu déduire, avec une exactitude suffisante, la trajectoire de ce bolide. Elle était rectiligne et dirigée vers un point du ciel ayant une ascension droite de 53 degrés et une déclinaison boréale de 34 degrés 8; elle passait par les verticales des points de la surface terrestre, dont les latitudes et les longitudes à l'est de Greenwich sont données dans le tableau suivant; les hauteurs de la trajectoire au-dessus de ces points, en kilomètres, sont également consignées dans ce tableau.

Latitude boréale.	Longitude à l'est de Greenwich.	Hauteur en kilomètres.
48° 39',8	5° 25',0	129
50° 58',5	5° 39',6	105
52° 53',2	5° 52',3	93
54° 51',7	6° 6',5	88
56° 44',4	6° 2',0	91

Le corps est probablement devenu visible au-dessus du parallèle de 50 degrés. tandis qu'il a éclaté et s'est dérobé à la vue à 91 kilomètres au-dessus d'un point situé dans la mer du Nord, à 56 degrés 45 de latitude et 6 degrés 21 de longitude. Il résulte des chiffres du tableau que le météore s'est mû à peu près dans la direction du sud au nord (4 degrés est), et que, dans notre pays, il a passé par le zénith de Maestricht, de Grave, d'Elburg et de Heerenveen.

La vitesse par rapport à la Terre ne peut être déterminée avec beaucoup de

précision; elle est comprise entre 20 et 35 kilomètres (vraisemblablement 26 kilomètres); si elle avait été de 23 kilomètres 9, le bolide aurait décrit autour du Soleil une orbite parabolique ayant une inclinaison d'un peu plus de 10 degrés et une longitude des nœuds de 153 degrés.

Les dimensions de l'aérolithe lui-même ne se laissent pas déduire des observations, attendu que le globe lumineux qu'on voyait était composé en majeure partie de gaz incandescents. De l'ensemble des données, on peut conclure que la masse lumineuse totale, qui, de même que pour d'autres bolides antérieurement observés, était aplatie en avant et pointue en arrière, avait un diamètre d'environ 200 mètres.

Pendant un temps notable, au moins 10 minutes, suivant la plupart des observateurs, une trace lumineuse claire, due à l'air et aux vapeurs incandescentes que le bolide avait abandonnées dans son mouvement, persista sur une partie de la trajectoire. Le commencement de la trace lumineuse se trouvait au-dessus d'un point situé dans le Zuiderzée, à la latitude de 52 degrés 40 N., et elle s'étendait jusqu'au point où le bolide éclata, c'est-à-dire sur une longueur d'environ 450 kilomètres. Au début, la trace lumineuse était étroite, en réalité de 50 à 100 mètres; plus tard, elle devint plus large et plus faible. Quelque temps après sa naissance, on y vit se produire de remarquables ondulations, vraisemblablement dues à ce que la masse gazeuse incandescente était agitée par des courants atmosphériques. Il est digne de remarque aussi que quelques parties de la trace lumineuse restèrent visibles beaucoup plus longtemps que d'autres, et que leur éclat ne s'affaiblissait pas régulièrement, mais éprouvait de temps en temps une recrudescence, probablement parce qu'un afflux d'air atmosphérique venait aviver la combustion des gaz incandescents laissés en arrière par le bolide.

Au moment de l'apparition du bolide, quelques observateurs ont entendu une espèce de bruissement; si celui-ci avait été produit par le mouvement du corps, il n'aurait atteint la Terre qu'une couple de minutes après l'apparition du globe lumineux; la cause en doit donc très probablement être cherchée ailleurs.

Académie des sciences de Paris.

Séance du 4 juin 1883.

L. Joliet. *Observations sur la blastogenèse et sur la génération alternante chez les Salpes et les Pyrosomes.* « — Dès 1868, Kowalewsky traçait avec précision les grands traits du développement blastogénétique des Salpes.

« Pour lui, le stolon se compose, comme chez les Pyrosomes, de deux tubes emboîtés, prolongeant l'ectoderme et l'endoderme du parent. Dans l'espace libre compris entre eux courent quatre cordons : deux latéraux dérivés du cloaque deux médians, l'un inférieur, l'autre supérieur, dérivés de deux amas de cellules mésodermiques. D'après le même auteur, la peau, le tube branchio-intestinal, le cloaque de chacun des Salpes agrégés dérivent des parties correspondantes du stolon et, par conséquent, du parent; le système nerveux et les organes génitaux,

formés aux dépens des cordons médians, résultent du développement de deux groupes de cellules mésodermiques.

« Depuis cet exposé si précis, trois Mémoires principaux ont paru sur le même sujet; ils ont remis en question tout le problème du bourgeonnement et des générations alternantes.

« D'après Salensky, en effet, le tube interne, aussi bien que les cordons latéraux, n'ont qu'un rôle transitoire : ces derniers dériveraient du péricarde, et l'intestin se formerait aux dépens du cordon inférieur.

« Brooks rend au cordon génital et au tube endodermique leur véritable rôle; mais il ne reconnaît pas chez les Salpes une véritable génération alternante. Des œufs étant visibles dans le cordon génital du stolon avant que les différents individus de la chaîne soient distincts, il en conclut que la forme dite agame est une femelle produisant par bourgeonnement, non des hermaphrodites, mais des mâles incubateurs, renfermant chacun un œuf.

« Todaro méconnaît le fait de la distinction originelle des quatre cordons mésodermiques; il décrit une couche moyenne homogène qui, dérivant d'un germoblaste, formerait, à l'exclusion des tubes endodermique et ectodermique, le corps entier du bourgeon. Comme le germoblaste est pour lui l'équivalent de l'œuf lui-même, les individus agrégés qui en dérivent seraient non plus les fils, mais les frères puînés de l'individu solitaire, et il n'y aurait chez les Salpes ni génération alternante, ni bourgeonnement véritable.

« Mes observations me permettent de confirmer, en les complétant, les énoncés de Kowalewsky; elles m'obligent aussi à défendre l'ancienne théorie du bourgeonnement et des générations alternantes.

« Si, sur un très jeune embryon solitaire de *Salpa democratica mucronata*, on examine le point germinatif, on voit un épaississement de l'ectoderme, contre lequel vient buter intérieurement un diverticulum de l'endoderme du parent. En avant, du côté du placenta, se trouve un petit amas transparent de cellules mésodermiques, origine du cordon neural; en arrière, du côté de l'éléoblaste. un autre plus volumineux, origine du cordon génital; enfin, de chaque côté, un épaississement se rattache directement par un long pédoncule aux plaques latérales destinées à former les muscles de l'embryon solitaire; ce sont les rudiments des cordons latéraux. Leur connexion avec les plaques musculaires est à l'origine très nette; plus tard, les attaches se rompent, reviennent sur elles-mêmes, et il n'est plus possible d'en rien distinguer. En ce point seulement, mes observations son en désaccord avec celles de Kowalewsky, qui fait dériver les cordons latéraux du cloaque du parent; les cordons latéraux, au moins dans le *Salpa democratica*, ne dérivent ni du cloaque ni du péricarde, mais des plaques musculaires. Sur la section d'un jeune stolon, les cordons latéraux se montrent comme deux amas cellulaires homogènes; plus tard, chacun d'eux se dédouble en un cordon creux cloacal et un amas de cellules mésodermiques. Ces cellules se multiplient beaucoup et forment les plaques latérales ou musculaires des bourgeons. De même, chaque segment du tube cloacal donne naissance directement au cloaque de chaque bourgeon. Quant au tube central endodermique, Brooks a raison quand il décrit les poches qu'il émet de chaque côté et qui servent d'origine au tube



branchio-intestinal des bourgeons. Ces poches, enveloppées et souvent masquées par les plaques musculaires, n'en sont pas moins reconnaissables sur des sections convenablement pratiquées.

« Chez les Salpes, comme chez les Pyrosomes, l'endoderme, l'ectoderme et le mésoderme du bourgeon dérivent donc des feuillets correspondants du parent et servent à former les mêmes organes.

« Quant aux opinions de Brooks, j'ai de très fortes raisons de croire que le cordon génital ou inférieur du stolon ne sert pas d'origine seulement aux œufs ou éléments femelles qui se voient dans le Salpe agrégé, mais encore aux zoospermes si donc on voit dans ce cordon une glande sexuelle, ce ne sera pas une glande femelle, mais une forme glande hermaphrodite. Il s'ensuit que le Salpe solitaire ne sera pas une forme hermaphrodite.

« En outre, Brooks a tort de croire que les œufs avec vésicule et tache germinative q'uon observe dans les jeunes bourgeons déjà ébauchés sont de véritables œufs. Dans chaque bourgeon de Salpe ou de Pyrosome, il existe à un certain moment un seul de ces corps; on le voit antérieurement à toute fécondation se diviser plusieurs fois. Un seul des segments devient l'œuf définitif; quant aux autres, ils constituent un amas de cellules déjà observé dans les Salpes par Leuckart, qui n'en avait pas connu l'origine, et destiné à former les parois propres de l'oviducte et du follicule. Il n'y a donc plus lieu de s'étonner, comme on l'a fait souvent, au sujet des Salpes et des Pyrosomes, de voir l'œuf précéder en développement l'individu qui doit le porter; ce corps, qui par ces dimensions et sa constitution présente cependant tous les caractères d'un œuf, n'est pas un œuf définitif, mais un de ces corps que les Anglais appellent *germinal cell* et les Allemands *urei,* et qu'il serait utile de désigner dans notre langue sous le nom de *provum.*

« En résumé, le bourgeonnement des Salpes est un véritable bourgeonnement, mais rendu particulièrement complexe par ce fait que des organes déjà différenciés y prennent part chacun pour son compte.

« La forme solitaire considérée jusqu'ici comme Agame n'est point une femelle; elle ne contient pas un ovaire; elle ne contient pas non plus une glande hermaphrodite, mais tout au plus l'ébauche, les rudiments d'une telle glande ;elle mérite donc bien la dénomination de forme agame.

« Pour éviter toute équivoque, il sera bon de définir le sens qu'on doit attacher à ce terme.

« La forme agame souche est celle qui, produite par voie sexuée et possédant un tissu sexuel, soit non encore différencié et simplement en puissance, soit déjà différencié et reconnaissable, *mais étant incapable de la conduire au terme de son évolution*, le confie pour cet objet à une ou plusieurs formes successives et dont la dernière au moins est sexuée.

« Cette formule s'applique aux Salpes, aux Pyrosomes, chez lesquelles le troisième bourgeon seulement est capable de se reproduire, aux Doliolum, aux Ascidies composées qui peuvent présenter des processus encore plus complexes, enfin à plusieurs autres formes animales. »

Séance du 25 juin 1883.

PAUL BERT. *Sur l'action des mélanges d'air et de vapeur de chloroforme, et sur un nouveau procédé d'anesthésie.* — « J'ai recherché l'action sur le chien des mélanges dosés de vapeurs de chloroforme et d'air, respirés d'une manière continue et indéfinie.

« Mes expériences ont été faites à l'aide de l'appareil décrit par le D[r] Saint-Martin dans la séance du 18 décembre 1882. Cet appareil, composé de deux gazomètres qui agissent alternativement, est des plus commodes à employer, et il est appelé à rendre les plus grands services dans toutes les questions relatives à la respiration.

« Si l'on fait respirer à un chien un mélange de 4 grammes de chloroforme vaporisés dans 100 litres d'air, l'animal reste sensible pendant toute la durée de l'expérienee, que j'ai prolongée, dans un cas, jusqu'à neuf heures et demie. Sa température rectale s'était alors abaissée à 35°.

« Avec 6 grammes pour 100 litres d'air (ce que j'appelle abréviativement 6 pour 100), la mort est survenue après sept heures environ, avec une température de 31°. La sensibilité a persisté tout le temps, bien qu'affaiblie, surtout dans les dernières heures, quand l'animal était très refroidi.

« Avec 8 pour 100, on finit par obtenir l'insensibilité de la peau et même de la cornée ; mais elle ne survient que très lentement, après une phase d'agitation. La mort a lieu au bout de six heures, la température s'étant abaissée jusqu'à 30°.

« Avec 10 pour 100, la scène change : l'insensibilité apparaît en quelques minutes. Le sommeil est absolument calme, et la mort arrive au bout de deux heures à deux heures et demie, sans aucune convulsion. La température est alors de 35° à 33°.

« Avec 12 pour 100, insensibilité encore plus rapide, sans réaction aucune. Mort en une heure un quart en moyenne ; température, 35°.

« Avec 14 et 16 pour 100, mort en trois quarts d'heure ; température, 38°.

« Avec 18 et 20 pour 100, mort en une demi-heure.

« Avec 30 pour 100, mort en quelques minutes.

« Dans toutes ces expériences, l'animal avait été trachéotomisé. Le chloroforme était parfaitement pur.

« J'appelle particulièrement l'attention sur les faits suivants :

« A. Que la mort soit survenue lentement ou rapidement, toujours le cœur a continué à battre après la cessation des mouvements respiratoires : il n'y a jamais eu de syncope cardiaque.

« B. Même après une anesthésie de plusieurs heures, il ne passe pas de chloroforme dans l'urine.

« C. Avec des doses très faibles, on peut faire circuler dans les poumons une quantité énorme de chloroforme sans obtenir d'autre phénomène objectif que l'abaissement de la température.

« D. Avec des doses un peu plus fortes, on amène une mort lente avec un grand abaissement de température ; mais la sensibilité persiste.

« Ainsi, à ces doses, le chloroforme n'agit que sur les actes nutritifs, probablement en engourdissant tous les éléments anatomiques, comme il endort la cellule de bière, d'après les expériences de Claude Bernard.

« E. Avec des doses plus fortes, alors que l'insensibilité se manifeste nettement, la mort est toujours la conséquence de la respiration *continue* des mélanges chloroformés.

« Plus ces mélanges sont riches en chloroforme, plus la mort est rapide, et moins la température de l'animal baisse.

« L'emploi des mélanges titrés de vapeurs de chloroforme et d'air va permettre de résoudre quantité de problèmes importants relatifs à l'action de cet anesthésique.

« J'ai commencé des expériences, afin de mesurer la quantité de chloroforme qu'un chien doit absorber pour être anesthésié et pour mourir. Je détermine la marche de cette absorption. J'étudie l'influence des poisons, comme la morphine, l'atropine, l'alcool, le chloral, qu'on a essayé d'associer, pour des motifs divers, au chloroforme. Enfin, j'ai commencé une analyse complète de l'action du chloroforme sur les fonctions, les organes et les éléments anatomiques, analyse que n'ont pu permettre de faire avec précision les procédés ordinaires.

« J'aurai l'honneur d'entretenir l'Académie de ces expériences lorsqu'elles auront fourni de suffisants résultats. Mais dès aujourd'hui je veux lui faire part d'une application pratique des faits rapportés plus haut, application qui me paraît mériter d'attirer l'attention des chirurgiens.

« Je rappelle que la respiration continue d'un mélange d'air ou de chloroforme, quel qu'il soit (hormis dans les doses très faibles, et encore la mort surviendrait-elle peut-être si l'on prolongeait l'expérience au delà de neuf heures et demie), amène toujours la mort.

« Chez le chien, au-dessus de 10 pour 100, l'insensibilité est rapide, mais la mort survient assez vite pour que sa menace inquiète l'opérateur. Au-dessous, au contraire, la mort est extrêmement lente, mais la sensibilité n'est que peu diminuée.

« J'ai eu l'idée de faire agir successivement les deux doses, dans l'espoir d'agir sur la sensibilité sans compromettre la vie.

« Je fais respirer à un chien le mélange à 12 pour 100. Au bout de quelques minutes, quand il est bien endormi, je lui donne le mélange à 8 pour 100. Or ce mélange, qui, s'il avait été employé d'emblée, n'aurait anesthésié l'animal que très lentement et après une grande agitation, suffit pour continuer l'action de celui-ci à 12 pour 100. Et, comme il n'est mortel par lui-même qu'au bout d'un long temps, j'ai pu conserver ainsi des animaux parfaitement anesthésiés pendant plus de trois heures, sans aucun péril pour leur vie, sans aucun trouble notable de la respiration et de la circulation : la température seule avait baissé.

« Voilà donc un procédé bien simple, qui ne nécessite que l'emploi de deux sacs de caoutchouc ou de deux gazomètres, et dont je me permets de recommander l'emploi aux chirurgiens. Il faudrait d'abord, bien entendu, déterminer par des tâtonnements le titre des mélanges dont l'action correspondrait sur l'homme à ce que font 8 et 12 pour 100 sur le chien.

« Il n'est pas inutile de faire observer que ce procédé a les plus grandes analogies avec le procédé chirurgical dit de la *sidération*, qui consiste à endormir brusquement le patient avec une grande quantité de chloroforme, pour l'entretenir ensuite dans l'état d'insensibilité avec de très faibles doses.

« Mais l'emploi des mélanges titrés aurait l'avantage de réduire en règles précises une pratique dont la réussite dépend aujourd'hui tout entière de l'habileté du chirurgien.

« Je fais remarquer en terminant que, si ce procédé paraît devoir mettre à l'abri de tout danger, il ne peut faire disparaître des inconvénients inhérents au chloroforme lui-même. Les animaux ainsi anesthésiés sont, quand ils se réveillent, en proie aux malaises habituels. La supériorité du protoxyde d'azote sur tous les autres anesthésiques se maintient toujours. »

J. Vesque. *De la concomitance des caractères anatomiques et organographiques des plantes.* — « Je crois avoir démontré, dans une série de Mémoires qui ont paru dans les *Nouvelles Archives du Muséum* et dans les *Annales des Sciences naturelles*, qu'il existe dans la structure des organes végétatifs un certain nombre de caractères anatomiques qui coïncident avec les caractères organographiques des familles, qui doivent par conséquent concourir à la définition scientifique de ces familles et qui peuvent servir à la détermination des plantes. Quand, de la famille on descend au genre, du genre à l'espèce, ces caractères anatomiques deviennent de plus en plus nombreux, de plus en plus importants, de sorte que l'espèce est beaucoup mieux définie par l'anatomie des organes végétatifs que par l'organographie. De plus, il existe dans cette série de divisions de dignité différente deux points où des caractères anatomiques d'une nature spéciale font subitement irruption et permettent de définir les deux échelons *autrement que par rapport aux échelons immédiatement supérieur et inférieur.*

« La première de ces divisions comprend les plantes de structure organographique semblable et qui ne diffèrent entre elles que par les organes végétatifs, à l'aide desquels ces plantes sont adaptées au milieu inerte ambiant. Elle correspond, en moyenne, à l'espèce linnéenne.

« La seconde comprend les plantes de structure organographique semblable et qui en même temps présentent les mêmes organes d'adaptation au milieu inerte, quel que soit d'ailleurs le degré de développement de chacun de ces organes. Elle correspond, en moyenne, à l'espèce des botanistes modernes.

« Qu'on prenne le premier ou le second cas de ces niveaux pour celui de l'*espèce*, cela me paraît pour le moment assez indifférent. Le point intéressant, c'est que ce niveau peut être défini d'une manière absolue. Il suffit de jeter les yeux sur les très nombreuses descriptions anatomiques d'espèces appartenant à vingt-quatre familles dicotylédones que j'ai déjà publiées, pour voir avec quelle netteté ces espèces se distinguent des espèces voisines.

« Une objection que je croyais avoir prévenue s'est élevée, non contre l'emploi des caractères anatomiques dans la Botanique descriptive, mais en quelque sorte contre la rapidité avec laquelle je les applique à la description des groupes.

« Cette objection peut se formuler ainsi : on a tâtonné longtemps pour établir



la subordination des caractères organographiques, et l'on tâtonnera aussi longtemps pour établir celle des caractères anatomiques.

« Il n'est pas nécessaire de tâtonner, et cela pour les raisons suivantes :

« 1° L'adaptation des végétaux au milieu inerte étant indépendante de leurs affinités naturelles, les caractères anatomiques auront d'autant moins de valeur taxinomique qu'ils appartiennent à des organes plus adaptables. Or la Physiologie et l'Anatomie végétales sont aujourd'hui assez avancées pour qu'il ne soit pas bien difficile de juger du degré d'adaptabilité d'un organe végétatif.

« 2° La classification naturelle que nous possédons, si elle n'est pas parfaite en tout point, n'est pourtant pas éloignée de la vérité, et il sera toujours facile d'*essayer* un caractère anatomique quelconque en cherchant s'il concorde ou s'il ne concorde pas avec les caractères organographiques qui ont servi de base à la classification.

« Qu'il me soit permis de donner ici quelques exemples de cette concomitance étonnante des caractères des deux ordres. J'ai déjà eu l'occasion d'en citer quelques-uns, notamment celui de l'appareil stomatique, qui dessine aussi nettement que possible la limite vague entre les Labiées et les Verbénacées (*Ajuga*, *Teucrium*, *Amethystea*).

« 1° *Pollen des composées.* — Les grains de pollen ont été étudiés dans un grand nombre d'espèces appartenant à toutes les tribus, sauf celle des Mutisiacées. Les Arctotidées n'ont malheureusement pu être représentées dans cette étude que par le *Gazania splendens*. Je me suis surtout attaché à trouver le passage entre ces diverses formes si caractéristiques.

« *a.* Pollen ellipsoïde, à trois pores situés au fond de trois plis longitudinaux, garnis de pointes plus ou moins aiguës, plus ou moins nombreuses, sur *fond lisse*.

« *Hélianthoïdées*, *Inuloïdées*, *Sénécionidées*, *Hélénioïdées*, *Astéroïdées*, *Eupatoriacées*, *Cynarées*, *Calendulacées*. — Une seule exception a été trouvée dans toute cette série de tribus ; elle concerne le genre *Stevia*, de la tribu des Eupatoriacées, et qui forme, comme nous allons le voir, le passage aux *Vernoniacées*.

« *b.* Pollen ellipsoïde, à trois pores situés au fond de trois plis longitudinaux, garni de pointes plus ou moins aiguës, plus ou moins nombreuses sur *fond sablé*.

« *Anthémidées.* — On n'a pas trouvé d'exception.

« *c.* Pollen à trois pores marqués d'un réseau polyédrique formé par des lames normales à la surface, finement denticulées sur le bord libre. Polyèdre à quinze faces, dont trois hexagonales et douze pentagonales, ou à vingt-une faces dont neuf hexagonales et douze pentagonales.

« La forme des Chicoracées à quinze faces la plus régulière a été observée dans le genre *Scolymus* ; la forme la plus parfaite à vingt-une faces, dans le genre *Hyoseris*.

« Le passage de l'une à l'autre de ces formes se fait de la manière suivante : les trois arêtes culminantes polaires s'épanouissent de manière à former par leur ensemble une face polaire, fortement cutisée et garnie de pointes, de forme hexagonale irrégulière, à côtés alternativement grands et petits et curvilignes (*Sonchus*, *Hedypnois*, etc.) ; à un degré plus avancé, le grand axe du grain de pollen étant beaucoup plus long que le petit, cette face polaire est remplacée par

un trièdre inverse de celui qui est situé au-dessous et qui transforme trois faces pentagonales en faces hexagonales. Le genre *Tolpis* seul fait exception, en formant le passage de cette forme à la forme *a*.

« *d*. Pollen à peu près semblable à celui des Chicoracées ; mais les arêtes qui séparent les faces hexagonales (portant les pores) des faces pentagonales qui sont situées deux à deux, l'une au-dessus, l'autre au-dessous, étant avortées, le polygone compliqué à angles rentrants qui résulte de la fusion de ces trois faces n'est pas cutisé ; il forme les plis du grain de pollen, de sorte que nous avons ici le passage entre le polyèdre sans plis des Chicoracées et l'ellipsoïde à trois plis des Hélianthoïdées.

« *Vernoniacées — e*. Pollen semblable à celui des Chicoracées, mais à arêtes *non denticulées*. *Gazania*.

« Dans le *Stevia Eupatoria*, le pollen est sphéroïde, à trois plis correspondant à ceux des Vernoniacées, buttant contre deux faces polaires semblables à celles des *Sonchus* et laissant entre eux trois surfaces bombées, cutisées et correspondant chacune aux deux faces hexagonales superposées des Vernoniacées, mais fusionnées par l'effacement de l'arête séparatrice.

« Les *Tolpis* présentent un pollen semblable à la forme *a*. Cette exception est très remarquable, parce qu'elle coïncide avec le dimorphisme très prononcé des fleurs ligulées, dimorphisme qui conduit évidemment à la forme des capitules des Corymbifères. »

Le propriétaire-gérant : O. Doin.

Coulommiers. — Imp. P. BRODARD et Cie.

LES ORGANISMES VIVANTS

ET LA MANIÈRE DE LES ÉTUDIER

Par Huxley

(Suite [1].)

XIII. — La Grenouille

Rana temporaria et *Rana esculenta.*

La seule espèce de grenouille indigène à la Grande-Bretagne est la grenouille commune ou grenouille des prés (*Rana temporaria*). — Sur le continent on trouve aussi une autre espèce, dont les membres inférieurs passent pour un mets délicat, ce qui lui a valu le nom de grenouille comestible (*Rana esculenta*). A moins de mention spéciale, toute description donnée ici s'appliquera aux deux espèces. D'ordinaire, la grenouille comestible est plus grande que l'autre, et, par conséquent, convient mieux aux recherches anatomiques et physiologiques.

Le corps de la grenouille présente une tête et un tronc faciles à reconnaître, mais il est dépourvu de cou aussi bien que de queue. Les contours de la tête se continuent sensiblement avec ceux du corps, et les membres antérieurs s'attachent immédiatement après la tête. Il y a deux paires de membres, l'une antérieure, l'autre postérieure. Une peau douce, humide, dépourvue de poils, d'écailles et de toute espèce d'*exosquelette* enveloppe tout le corps. On sent facilement, à travers la peau, les parties dures qui constituent l'*endosquelette* de la tête, du tronc et des membres.

La couleur fondamentale jaunâtre de la peau est relevée de taches d'un noir plus ou moins foncé, brunes, verdâtres ou orangées. Dans la grenouille des prés, on voit de chaque côté de la tête, derrière les yeux, une tache brun-foncé ou noire, très caractéristique de cette espèce. Dans une même espèce, la coloration varie beaucoup d'une grenouille à une autre, et une même grenouille pourra changer de couleur; la teinte de sa peau, foncée dans un lieu obscur, deviendra plus claire au grand jour.

Le corps de la grenouille ne présente que deux ouvertures médianes : la bouche, très grande, et l'ouverture cloacale, assez petite. Cette dernière est située à l'extrémité postérieure du corps, mais

1. Voir le numéro précédent.

plutôt à sa face supérieure qu'à sa terminaison réelle. On lui donne ordinairement le nom d'anus, mais il faut bien se rappeler que cet orifice ne correspond pas exactement à l'anus des mammifères.

A la face supérieure de la tête, entre son contour antérieur et les yeux, on remarque les deux narines, situées assez près l'une de l'autre. Les yeux sont grands, proéminents, munis de paupières bien développées, qui retombent au-devant d'eux lorsqu'ils se rétractent. Derrière les yeux, de chaque côté de la tête, on voit un espace large, circulaire, où la peau présente une texture et une couleur autres qu'aux parties avoisinantes : c'est la couche externe de la membrane du *tympan* ou tambour de l'oreille.

Les membres antérieurs ou thoraciques sont plus courts que les membres pelviens. — Chacun des premiers se divise en trois parties, le *bras*, l'*avant-bras*, la *main*, correspondant aux parties ainsi désignées chez l'homme. Les quatre doigts de la main correspondent au deuxième, troisième, quatrième et cinquième doigts de l'homme. Il n'y a pas, à la main, de membrane interdigitale.

Les membres postérieurs se divisent également, de même que chez l'homme, en trois parties : la *cuisse*, la *jambe*, le *pied*. Le pied est remarquable, non seulement par sa grandeur totale, mais encore par l'élongation de la région qui correspond au *tarse* chez l'homme. Il faut noter, cependant, que la grenouille n'a pas le talon proéminent. Il y a cinq doigts longs, étroits, correspondant aux cinq doigts de l'homme, unis par une fine expansion du tégument, ou membrane interdigitale. De ces doigts, le plus interne et le plus court correspond au gros orteil de l'homme.

A la base de cet orteil, le tégument de la face plantaire offre une petite proéminence cornée. Parfois on trouve aussi du côté externe du pied une proéminence analogue mais plus petite. Au pied, non plus qu'à la main, on ne trouve d'ongles à l'extrémité des doigts, mais dans les deux organes, on trouve cependant des épaississements de la peau ou callosités entre les articulations des doigts.

Dans la saison des amours, on voit chez le mâle à la surface palmaire du doigt le plus interne dela main, la peau se convertir en un coussinet rugueux, brun-foncé ou noir chez la grenouille des prés.

Dans l'état d'immobilité, la grenouille se tient assise, à la manière d'un chien ou d'un chat. Le dos paraît brisé, sa partie postérieure et la partie antérieure formant ensemble un angle obtus. Néanmoins, la colonne vertébrale est toujours droite et la brisure apparente de l'épine dorsale provient de la façon dont les volumineux os iliaques sont attachés au sacrum.

La marche de la grenouille est lente et embarrassée. En revanche, cet animal saute avec une très grande force, par l'extension soudaine de ses membres postérieurs, et nage admirablement.

Sur une grenouille vivante, on voit les narines s'ouvrir et se fermer alternativement, tandis qu'à la partie inférieure du tronc la peau s'élève et s'aplatit tour à tour. Ces mouvements exécutent l'aspiration et l'expulsion de l'air nécessitées par la respiration de l'animal.

La paupière supérieure de l'œil de la grenouille est grande; la peau y présente sa pigmentation ordinaire; elle est peu mobile. Un repli de la peau joue le rôle de la paupière inférieure de l'homme. Une très faible partie seulement de ce repli est pigmentée; l'autre partie, plus considérable, est demi transparente et ressemble plus à la membrane nictitante d'un oiseau qu'à une véritable paupière inférieure. Vient-on à toucher la surface de la cornée, le globe de l'œil se rétracte sous la paupière supérieure, qui descend un peu. En même temps, la paupière inférieure s'élève devant l'œil et le ferme en se réunissant à la paupière supérieure.

Tout le monde sait que la grenouille émet un coassement particulier. Ce pouvoir vocal se manifeste surtout dans la saison des amours; alors ces animaux se réunissent en grand nombre à la surface des étangs, des mares, et en général des eaux dormantes. Cette saison commence aux premiers jours du printemps pour la grenouille des prés, mais beaucoup plus tard pour la grenouille verte. On voit à ce moment le mâle suivre la femelle, l'étreindre dans ses bras, et rester dans cette position des jours ou même des semaines entières jusqu'au moment de la ponte. C'est alors qu'il féconde les œufs en lançant sur eux sa semence à mesure qu'ils sortent. Presque aussitôt l'arrivée des œufs dans l'eau, la couche d'albumine visqueuse sécrétée par l'oviducte, qui les entoure, se gonfle par imbibition, et forme en s'unissant à l'enveloppe analogue des œufs voisins une masse gélatineuse où les œufs restent enfouis pendant les premières phases de leur développement.

Le développement des œufs dépend en grande partie de la température : accéléré par la chaleur, il est retardé par le froid. La segmentation commence quelques heures à peine après l'imprégnation; — on observe facilement la marche de ce phénomène, en examinant l'œuf *comme objet opaque* à un faible grossissement.

L'embryon encore contenu dans l'œuf a la forme d'un petit poisson, dépourvu de membres, avec seulement des rudiments de branchies, mais avec deux disques adhésifs au côté ventral de la tête, derrière la bouche.

Au sortir de l'œuf, le jeune acquiert trois paires de branchies externes en forme de filaments ramifiés, attachés latéralement à la partie postérieure de la tête. Des fentes étroites qui se trouvent dans la peau à la racine des branchies s'ouvrent dans le pharynx. L'eau pénètre dans la bouche et passe à travers ces fentes branchiales. L'animal broute les plantes aquatiques sur lesquelles il vit, au moyen de plaques cornées dont ses mâchoires sont pourvues.

Dans le têtard (nom de la forme larvaire de la grenouille) l'intestin, relativement bien plus long que chez l'adulte, s'enroule en spirale dans la cavité abdominale.

Une lèvre membraneuse, dont la surface est munie de nombreuses papilles cornées, environne la bouche, la queue musculeuse acquiert une taille relativement considérable. Les yeux ainsi que les organes de l'audition et de l'olfaction commencent à se dessiner, les membres n'apparaissent pas encore.

Dans la région hyoïdienne, un repli du tégument, appelé membrane operculaire, se développe en arrière et au-dessus de la branchie externe; il s'unit avec la portion des téguments qui recouvre l'abdomen, de manière à laisser, au côté gauche seulement, une petite ouverture qui, pendant quelque temps, laissera passer l'extrémité des branchies internes. Les branchies externes s'atrophient et sont remplacées dans leurs fonctions par de petits bourgeons développés sur la face opposée des fentes branchiales — ce sont les *branchies internes*. Des rudiments de membres apparaissent et prennent bientôt en s'allongeant leurs caractères définitifs. Les membres postérieurs sont visibles avant les membres antérieurs; ceux-ci étant d'abord recouverts par la membrane operculaire. Des poumons se développent et, pendant quelque temps, le têtard respire aussi bien à leur aide qu'à l'aide des branchies internes.

Au fur et à mesure que les membres inférieurs se développent, la queue s'atrophie et n'est bientôt plus représentée que par l'extrémité pointue du corps; l'ouverture buccale s'agrandit au pointque la commissure des lèvres se place au-dessous de l'œil, au lieu d'en être séparée par un long intervalle comme dans le têtard. La lèvre membraneuse et son armature cornée disparaissent, et des dents se développent sur la mâchoire supérieure et sur le vomer. L'intestin, qui ne suit pas le corps dans son développement, se déroule et devient relativement plus court. En même temps, l'animal change peu à peu son régime végétal contre une nourriture animale. La grenouille adulte est insectivore.

Les deux espèces, *Rana temporaria* et *Rana esculenta*, se distin-

guent par les caractères extérieurs suivants. Chez la *Rana temporaria*, l'espace interoculaire est aplati ou légèrement convexe et d'ordinaire plus large que la paupière supérieure ou tout au moins autant. Le diamètre de la membrane du tympan est moindre et même souvent beaucoup moindre que celui de l'œil. La proéminence cornée située à la partie externe du pied est petite ou absente, du côté externe elle est aplatie et pourvue d'un bord arrondi. Une tache de couleur sombre s'étend en arrière depuis l'œil jusqu'à la membrane du tympan. Chez les mâles, le coussinet rugueux du côté radial de la main est noir, et les sacs vocaux sont absents.

Chez la *Rana esculenta*, d'autre part, l'espace inter-oculaire est habituellement concave et moins large que la paupière supérieure. Le diamètre de la membrane du tympan est aussi grand que celui de l'œil. La proéminence cornée du côté interne du pied est allongée, comprimée et se termine par un bord émoussé; elle ressemble à un éperon, et présente constamment une petite élévation extérieure.

Il n'existe pas, sur les parties latérales de la tête, de taches colorées comme chez la *Rana temporaria*, et le coussinet rugueux du doigt interne du mâle n'est point noir. Le mâle est pourvu, de chaque côté de la tête, au-dessous de l'angle de la mâchoire, d'une poche volumineuse communiquant avec la cavité buccale. Lorsque le mâle coasse, cette poche se dilate et prend la forme sphérique.

Maintenant que nous connaissons les caractères généraux et les mœurs de la grenouille, et de plus les particularités de son organisation visibles à l'œil nu et sans dissection, il nous faut étudier les détails de sa structure interne.

En ouvrant l'abdomen, nous voyons qu'il limite une cavité où sont contenus les principaux viscères. L'estomac et l'intestin, le foie, le pancréas, la rate, les poumons, les reins et la vessie urinaire et enfin les organes génitaux y sont enfermés. Cette cavité répond à la fois au thorax et à l'abdomen des Vertébrés supérieurs, de là le nom de *cavité pleuro-péritonéale*. De même la membrane séreuse délicate qui la tapisse et recouvre les viscères qu'elle contient s'appelle la *séreuse pleuro-péritonéale*.

La voûte de cette cavité est traversée en son milieu, dans toute sa longueur, par la colonne vertébrale. A droite et à gauche, le feuillet pleuro-péritonéal qui tapisse la paroi latérale de cette cavité du corps descend de la colonne vertébrale et va s'unir à son congénère sur la ligne médiane. C'est ainsi que se forme le *mésentère* qui soutient l'intestin dans la cavité abdominale. Dans l'intervalle triangulaire que forment avant de s'unir les deux feuillets du mésentère, se placent

un large canal, le *sinus lymphatique sous-vertébral*, — et la chaîne ganglionnaire du sympathique.

La partie dorsale de l'extrémité antérieure de la cavité pleuro-péritonéale est occupée par l'œsophage, qui met la bouche en communication avec l'estomac. Au-dessous de l'œsophage, la cavité péritonéale est séparée, seulement par une cloison délicate, d'une chambre — *le péricarde* — qui renferme le cœur. La face postérieure de cette cloison est formée par le péritoine; la face antérieure l'est par une membrane analogue, la séreuse péricardiaque, qui tapisse le péricarde et se réfléchit sur le cœur, absolument comme le péritoine tapisse la cavité péritonéale et se réfléchit sur l'intestin.

Une couche de ces fibres musculaires qui entre dans la composition des parois abdominales se continue, à la limite antérieure de la cavité pleuro-péritonéale, vers l'intérieur du corps, et forme en s'attachant aux parois de l'œsophage et à celles du péricarde, une sorte de diaphragme rudimentaire, qui, on doit l'observer, est situé en avant des poumons et non en arrière comme chez les animaux supérieurs.

Ainsi, dans le tronc, du côté ventral de la colonne vertébrale, le corps présente deux cavités : en arrière, la grande cavité pleuro-péritonéale; en avant, la cavité du péricarde, plus petite que la première. Ni l'une ni l'autre ne communiquent directement avec l'extérieur bien que, chez la femelle, une telle communication s'opère indirectement par le moyen des oviductes.

A la face ventrale de la tête, une très large bouche s'ouvre dans une cavité buccale spacieuse. La voûte de cette cavité est dure et solide, tandis que le plancher en est mou et flexible, sauf que la partie médiane en est occupée par une plaque assez large, aplatie, en grande partie cartilagineuse, le *corps de l'os hyoïde*. En dedans des lèvres, la mâchoire supérieure est garnie de nombreuses petites dents aigües, et deux agglomérations de dents semblables s'aperçoivent à la partie antérieure du toit de la cavité buccale. Ces dernières sont attachées à des os nommés les *vomers*, et pour cette raison sont appelées dents *vomériennes*. Les premières, implantées sur les os *prémaxillaires* et *maxillaires*, sont les dents *maxillaires*. La mâchoire inférieure ou mandibule est dépourvue de dents.

A droite et à gauche des rangées de dents vomériennes, on trouve deux ouvertures, les *narines postérieures*, qui font communiquer les fosses nasales avec la bouche. Sur les parties latérales du pharynx et un peu vers le dos, se présentent deux larges conduits, les *trompes d'Eustache*, qui se rendent aux cavités tympaniques, lesquelles sont

fermées à l'extérieur par la membrane du tympan. Chez le mâle de la *Rana esculenta,* les petits orifices des sacs vocaux s'aperçoivent du côté interne de chaque branche de la mâchoire, près de la commissure des lèvres, presque vis-à-vis des trompes d'Eustache. A la partie moyenne de la région dorsale du pharynx s'ouvre l'œsophage. Cet orifice est fermé, sauf pendant la déglutition, par l'accolement de ses parois latérales. Le plancher de l'œsophage présente sur la ligne médiane, dans sa partie inférieure, une fente longitudinale — la *glotte*. Une langue charnue, bifurquée et libre en arrière, s'attache en avant à la partie moyenne de la mâchoire inférieure. Par conséquent, à l'état de repos, elle reste sur le plancher de la bouche avec son extrémité libre tournée en arrière, et un petit prolongement de chaque côté de la glotte.

L'œsophage traverse le diaphragme et se continue par un estomac allongé. Ce dernier organe se rétrécit à son extrémité postérieure, où il s'unit à l'*intestin grêle* étroit. Quoique court, ce dernier organe est trop long comparativement à la cavité abdominale pour y rester droit. Il forme donc plusieurs circonvolutions qui sont suspendues à la paroi dorsale de cette cavité de la façon décrite plus haut. Finalement, à l'intestin grêle fait suite une portion du tube digestif qui se dilate brusquement, le *gros intestin*, et ce dernier s'ouvre dans une chambre pourvue de parois musculeuses, le *cloaque*, dont nous avons déjà mentionné l'orifice externe.

Ainsi le canal digestif est un tube qui va de l'ouverture orale à l'ouverture anale en traversant le corps; et le cœur, enfermé dans le péricarde, est situé sur la ligne médiane, du côté ventral du tube digestif.

Séparée des cavités orale et pleuro-péritonéale par les corps vertébraux et la voûte résistante de la cavité orale qui leur fait suite en avant, il est une cavité allongée, très large dans la tête, mais se rétrécissant en arrière, qui est entourée de tous côtés par les os et les autres parties constituantes de la tête et de la colonne vertébrale : c'est la *cavité neurale;* elle renferme le cerveau et la moelle épinière, qui, par leur réunion, constituent l'axe nerveux cérébro-spinal.

La cavité neurale est tapissée par une membrane séreuse analogue au péritoine et au péricarde, et cette *membrane arachnoïdienne* se réfléchit sur elle-même autour de l'axe cérébro-spinal, de telle sorte que ce dernier est avec elle dans le même rapport que le cœur avec le péricarde.

Les *nerfs cérébro-spinaux*, qui partent du cerveau et de la moelle épinière, passent, pour arriver à leur destination, à travers les parois de la cavité neurale qui les entourent.

Une section transversale de la tête, faite dans la région des yeux, montrera sur la ligne médiane une cavité dorsale qui contient le *cerveau*, partie antérieure de l'axe cérébro-spinal. Le plancher résistant du crâne la sépare d'une cavité ventrale, la bouche.

Une section transversale de l'abdomen montrera une cavité dorsale contenant la partie postérieure de l'axe cérébro-spinal, la moelle épinière, séparée par le plancher résistant de la colonne vertébrale d'une cavité ventrale qui renferme le tube digestif et qui se continue avec la bouche. Mais cette continuation postérieure du tube digestif est embrassée par une vaste chambre pleuro-péritonéale, dont il n'y a pas trace dans la tête.

En comparant une section transversale de l'abdomen de la grenouille avec une section transversale passant par le milieu du corps du homard, on verra que si, dans les deux cas, les principaux centres nerveux sont d'un côté du tube digestif et le cœur du côté opposé, en revanche il n'y a pas chez le homard de cloison solide et complète qui sépare les centres nerveux du tube digestif. En outre, la face du corps sur laquelle se trouvent les centres nerveux est celle sur laquelle le homard repose naturellement, tandis que dans la grenouille c'est l'inverse. Les membres sont tournés du côté neural chez le homard et du côté opposé chez la grenouille. Les mêmes dissemblances existent entre tous les Vertébrés et tous les Arthropodes.

En employant le mot de *squelette*, au sens le plus large, pour désigner la charpente qui protège, supporte et unit les différentes parties de l'organisme, on trouve que chez la grenouille il est constitué par quatre sortes de tissus : les tissus corné, osseux, cartilagineux et conjonctif.

En outre, les parties dures, ou bien se développent sur le tégument et constituent un *exosquelette*, ou bien sont profondément situées et appartiennent à l'*endosquelette*.

Laissant de côté toute question relative à la nature de certains os du crâne, nous pouvons dire qu'il n'y a presque pas d'exosquelette chez la grenouille, et qu'il n'y est réprésenté que par le revêtement corné de l'épiderme.

L'endosquelette, au contraire, est bien développé, et, comme dans tous les vértébrés supérieurs, se laisse différencier en une portion axiale et une portion appendiculaire. L'*endosquelette axial* est constitué par la notocorde, la colonne vertébrale et le crâne.

L'*endosquelette appendiculaire* se rencontre dans les membres et dans les arcs pectoraux et pelviens auxquels ils sont attachés.

Dans l'ordre de son développement, l'endosquelette est en premier

lieu représenté par la notocorde seule; en second lieu par du tissu conjonctif embryonnaire et du cartilage embryonnaire s'ajoutant à la notocorde; troisièmement ces tissus acquièrent leurs caractères spéciaux; quatrièmement ils sont remplacés par de l'os.

Le processus de conversion ou de remplacement qui vient d'être indiqué ici est très incomplet, même dans la grenouille adulte, chez laquelle on trouve au centre des vertèbres des restes de notocorde; et le cartilage, qui à l'état larvaire compose la plus grande partie du squelette, persiste en quantité considérable.

On trouve que ce cartilage forme les surfaces libres des corps vertébraux, les extrémités du style caudal (urostyle) et les extrémités des apophyses transverses; il entre encore pour une grande part dans la composition du sternum. Dans le crâne, le parasphénoïde [1], les vomers, les pariéto-frontaux, les nasaux, les pré-maxillaires, les maxillaires, les jugaux, les squamosaux et les parties osseuses de la mandibule peuvent s'enlever par macération, laissant en arrière le crâne cartilagineux primitif ou *chondro-cranium*, qui n'est altéré qu'autant qu'il a été en partie remplacé par de l'os.

Il fournit le plancher, les parois latérales et la voûte de la boîte cranienne, interrompue seulement par un grand espace (appelé *fontanelle*) recouvert d'une membrane qui se trouve dans la région interorbitaire sous les pariéto-frontaux, et par des perforations pour l'issue des nerfs crâniens. Il est entièrement constitué par du cartilage, excepté là où les ex-occipitaux, les pro-otiques, et le sphéno-ethmoïde envahissent sa substance. Au-devant de la cloison de la cavité antérieure du sphéno-ethmoïde, il se prolonge antérieurement entre les deux sacs nasaux, comme cloison cartilagineuse située entre les cavités nasales (*septum narium*). Du côté dorsal et du côté ventral partent des ailes transversales de cartilage qui fournissent respectivement une voûte et un plancher aux fosses nasales. De ces deux formations, la plus large est le plancher. Les ailes dorsales et ventrales se rejoignent là où le chondro-cranium se termine antérieurement et donnent naissance à une face terminale tronquée qui est large dans le sens transversal, étroite de haut en bas et convexe dans ce dernier sens. Les angles latéraux de cette face tronquée se prolongent extérieurement et antérieurement en deux *apophyses prénasales* aplaties; elles s'élargissent à l'extérieur et se terminent par des bords libres qui supportent les portions adjacentes des pré-

1. Voyez la manipulation D, c, pour la structure du crâne osseux (*ostéo-cranium*). On doit s'en rendre parfaitement compte avant de passer à l'étude du crâne cartilagineux ou *chondro-cranium*.



maxillaires et des maxillaires. De la face ventrale, précisément en arrière de l'extrémité antérieure tronquée du chondro-cranium, naissent deux cartilages étroits, les *apophyses rhinales*. Chacune d'elles s'incline vers la ligne médiane et se termine contre le milieu de la face postérieure de l'apophyse ascendante du prémaxillaire par une extrémité verticale allongée. Un nodule ovale de cartilage s'attache à la face postérieure de l'extrémité dorsale de l'apophyse ascendante du pré-maxillaire, et sert à l'unir avec l'apophyse rhinale. Sur la face dorsale du chondro-cranium, précisément au-dessus du point d'insertion des apophyses rhinales, se trouvent les orifices externes des fosses nasales, et les bords extérieurs et postérieurs de chacun de ces orifices sont entourés et supportés par une curieuse apophyse courbe de l'aile cartilagineuse, l'*apophyse ali-nasale*. A l'endroit où les portions sphénoïdale et ethmoïdale du sphénethmoïde se réunissent, on voit une barre solide, transversale, en partie osseuse, en partie cartilagineuse, perforée à son origine d'un canal pour le passage du nerf orbito-nasal. Alors elle se rétrécit, mais, en s'aplatissant de haut en bas, s'élargit de nouveau; enfin son extrémité, qui a la forme d'un fer de hache, aboutit contre la face interne de la mâchoire. L'angle antérieur de ce fer de hache est libre; l'angle postérieur se continue en arrière sous la forme d'une apophyse *ptérygoïde*, étroite, cartilagineuse, qui se bifurque en arrière. La division externe se continue avec la branche (*crus*) ventrale du *suspensorium*. La division interne est le *pédicule du suspensorium;* elle s'unit par une articulation avec la face antérieure des deux larges apophyses latérales de la partie inférieure du chondro-cranium, laquelle contient le labyrinthe auditif et s'appelle la *capsule péri-otique*. Le *suspensorium* est une trabécule de cartilage situé entre le squamosal et les os ptérygoïdes et qui, à son extrémité distale, s'articule avec le *cartilage de Meckel,* lequel forme l'axe de chaque branche de la mandibule. A son extrémité dorsale, le suspensorium se divise aussi en deux branches divergentes ou *crura* (on a dit plus haut que l'une d'elles, la branche ventrale, se continuait avec l'os ptérygoïde). La branche dorsale, d'autre part, se dirige vers le haut, puis se recourbe en arrière et finit par s'attacher à la portion dorsale de la face externe de la capsule périotique.

Dans la plus grande partie de son étendue, le cartilage de Meckel, articulé avec l'extrémité libre du suspensorium, ne subit pas l'ossification; il ne se développe pas d'articulaire osseux, mais, à son extrémité symphysienne, chaque cartilage s'ossifie et constitue l'élément mento-meckélien de la mandibule.

La bande étroite cartilagineuse (corne de l'os hyoïde), qui rattache au crâne le corps de l'os hyoïde, s'unit à la capsule périotique immédiatement au-devant et au-dessus de la fenêtre ovale.

Les arcs pectoraux et pelviens (voy. à la manipulation D. *e*. **g**.) sont, chez le jeune, de chaque côté une masse unique de cartilage, et en se développant dans eux et sur eux, le tissu osseux ne détruit pas en réalité leur continuité, car le cartilage persiste aux extrémités des os et entre eux, dans les cavités glénoïde et cotyloïde (acétabulum).

Pareillement, le squelette des membres est constitué à l'origine par des modèles purement cartilagineux de l'os parfait; mais, au cours du développement, ce modèle cartilagineux s'entoure en son milieu d'une gaîne d'os vrai, tandis qu'un dépôt calcaire s'effectue aux deux extrémités par lesquelles s'accroît le cartilage. Au fur et à mesure que l'os grandit, la gaîne de tissu osseux envahit le milieu du cartilage et le remplace plus ou moins; tandis que les portions terminales du cartilage continuent à s'accroître et que le dépôt calcaire continue à s'y effectuer, sans toutefois atteindre leurs surfaces. Ainsi, un des plus grands des os des membres de l'adulte, le fémur, consiste en un cylindre médian d'os et en deux cônes terminaux de cartilages qui contiennent les épiphyses calcifiées, et qui pénètrent dans les extrémités creuses de ce cylindre tout en les recouvrant plus ou moins.

La disposition générale des parties qui se rencontrent dans la bouche a été décrite plus haut.

On ne trouve des dents que sur les prémaxillaires, les maxillaires et les vomers. Elles sont petites, pourvues de pointes recourbées et aiguës. De nouvelles dents se forment constamment dans la gencive pour remplacer celles qui sont usées ou brisées. Lorsqu'elles ont achevé leur croissance, ces dents s'ankylosent avec les apophyses de l'os sous-jacent.

L'œsophage garde toujours le même diamètre jusqu'à son arrivée dans l'estomac qui se trouve situé à gauche dans la cavité abdominale et qui a presque la même longueur. L'estomac se rétrécit en arrière et sa portion pylorique, presque tubulaire, se recourbe fortement et se continue avec le duodénum. Une légère constriction marque le pylore. Le duodénum passe au-devant de l'estomac et parallèlement à lui de façon à former avec lui une espèce d'anse. Vers son extrémité antérieure, il se continue avec le reste de l'intestin grêle (*iléum*) qui s'enroule sur lui-même de façon à former une sorte de paquet, et se trouve situé au côté droit de la cavité abdominale où il est maintenu en place par un repli mésentérique du péritoine.

L'intestin grêle se dirige en arrière sur la ligne médiane et aboutit à l'extrémité antérieure du volumineux *gros intestin* qui comprend *côlon* et *rectum*.

La paroi interne de l'estomac forme de nombreux et volumineux replis longitudinaux qui proéminent dans sa cavité et qui lui donnent en section transversale une apparence étoilée. Des prolongements beaucoup plus délicats de ces replis se continuent dans l'intestin grêle et là se relient les uns aux autres par des replis transversaux.

Au point où l'iléum s'ouvre dans le colon il existe une valvule dont les bords s'avancent en arrière dans la cavité du colon. Du côté dorsal, ce dernier présente en avant une légère dilatation qu'on peut regarder comme un rudiment de cœcum.

Le foie est très volumineux, il est divisé en deux lobes, unis par une partie étranglée dorsale et antérieure. Le lobe gauche est à son tour divisé en deux. La vésicule biliaire est attachée à la face postérieure et dorsale du lobe droit. Le conduit biliaire s'ouvre dans le duodénum un peu au-dessous du pylore et sa terminaison est embrassée par la base du pancréas étroit.

La rate, de forme ronde, se trouve dans le mésentère plutôt à gauche qu'à droite, précisément au-dessus du point de réunion du duodénum et de l'iléum.

L'appareil de la circulation dans la grenouille est constitué par les vaisseaux sanguins, les vaisseaux lymphatiques et leur contenu.

La lymphe est un liquide incolore qui contient des globules nucléés, incolores, doués de mouvements amiboïdes : elle est contenue en partie dans de grandes lacunes situées immédiatement au-dessous du tégument, dans la cavité pleuro-péritonéale et probablement dans les autres cavités séreuses, et en partie dans des capillaires et des troncs plus volumineux qui accompagnent les vaisseaux sanguins et s'entrelacent avec eux. Le plus volumineux de ces troncs est le *grand sinus lymphatique sous-vertébral* qui se trouve entre les feuillets du mésentère, à l'origine de ce dernier, et qui communique par de petits pores avec la cavité pleuro-péritonéale. Il y a là quatre *cœurs* lymphatiques.

Le sang est constitué par un *plasma* incolore qui contient des *globules blancs*, analogues à ceux de la lymphe, et, de plus, un grand nombre de *globules* ovales, nucléés, *rouges*. Il est renfermé dans des vaisseaux sanguins, qui sont des capillaires, des artères et des veines. Ces deux dernières sortes de vaisseaux sont en connexion, d'une part avec les capillaires, de l'autre avec le cœur dans lequel ils s'ouvrent. Les vaisseaux lymphatiques et sanguins communiquent les uns avec

les autres par des orifices qui font communiquer les cœurs lymphatiques antérieurs avec les veines *innominées* et les cœurs hymphatiques postérieurs avec les veines *iliaques*.

Le cœur est en rapport avec les parois du péricarde, sur lesquelles on aperçoit des taches de pigment, par des vaisseaux qui se dirigent vers lui ou qui en partent, et par un tractus étroit qui passe de la face dorsale de la base du ventricule à la partie postérieure et dorsale de la chambre péricardique.

Le cœur est constitué par quatre segments faciles à distinguer : 1° le *sinus veineux*, 2° l'*atrium*, 3° le *ventricule*, et 4° le *bulbe artériel,* disposés de telle façon que le sinus veineux, qui est la division située le plus en arrière, se trouve sur la ligne médiane du côté dorsal du cœur. L'atrium aussi est médian et dorsal, mais en avant du sinus veineux; le ventricule est médian, ventral et postérieur; et le bulbe passe obliquement en avant du côté droit du ventricule et est ventral et antérieur. Le c œur peut donc être comparé à un tube divisé par des étranglements en quatre portions et, pour ainsi dire, recourbé en forme d'S.

De chaque côté, le sinus veineux reçoit en avant une grande veine, la *veine cave supérieure;* tandis qu'en arrière il reçoit une veine, ordinairement unique, la *veine cave inférieure*. Il s'ouvre dans l'*atrium* par un orifice muni d'une valvule. L'atrium n'offre à l'extérieur aucun indice de division ; mais à l'intérieur il est divisé par une cloison délicate, la *cloison auriculaire*, en une petite *oreillette gauche* et en une grande *oreillette droite*. Le sinus veineux s'ouvre dans l'atrium à droite de la cloison et par conséquent dans l'oreillette droite. Dans l'oreillette gauche se déverse la *veine pulmonaire commune*, petit tronc formé par la jonction des veines venant du poumon droit et du poumon gauche. A son extrémité postérieure, l'atrium s'ouvre dans le ventricule par un orifice auriculo-ventriculaire.

Une petite valvule, dont de fines cordes tendineuses empêchent le renversement, existe de chaque côté de cette ouverture. La cloison des oreillettes se continue en arrière sur les faces de ces valvules et se termine entre elles par un bord libre, divisant ainsi l'orifice auriculo-ventriculaire en deux orifices.

Les parois du sinus et de l'atrium sont très minces. Celles du ventricule, d'autre part, sont épaisses et spongieuses, et ne laissent libre qu'une cavité relativement petite, allongée transversalement, à l'extrémité antérieure ou base du ventricule. A l'extrémité droite de cette base est une ouverture qui conduit dans le bulbe artériel. Trois valvules semi-lunaires, qui s'ouvrent du ventricule dans le truncus artériosus, entourent cet orifice.

Les parois du *bulbe artériel* sont épaisses et musculeuses, mais cependant n'atteignent pas l'épaisseur des parois ventriculaires. A son extrémité antérieure, on le voit se diviser en deux troncs qui divergent et abandonnent immédiatement le péricarde pour aller sur les côtés de l'œsophage. La portion allongée indivise est le *pylangium*, la portion terminale commune aux troncs divergents est le *synangium*. Le premier est divisé dans toute sa longueur par une sorte de repli qui s'attache à la paroi dorsale et dont l'autre bord est libre. Trois valvules semi-lunaires séparent le pylangium du synangium, dans lequel s'ouvrent, en arrière, les *artèrespulmonaires*, et, en avant, les *troncs aortiques;* tandis que, sur les côtés, la cavité du synangium reçoit les arcs aortiques droit et gauche. Les branches, simples en apparence, qui résultent de la division du bulbe artériel, sont en réalité constituées chacune par trois troncs distincts : le *tronc pulmo-cutané* en arrière, l'*arc aortique* sur la ligne médiane, et le *tronc carotidien* en avant.

Quand le cœur est actif, le sinus veineux, l'atrium, le ventricule et le *bulbe artériel* se contractent dans l'ordre même où nous venons de les nommer. Chacun deux se contracte comme un tout, de telle sorte que les deux oreillettes se vident simultanément. Le sang que contient chacune d'elles est forcé de passer dans la moitié correspondante de la cavité spongieuse du ventricule, de façon que la moitié droite du ventricule contient du sang veineux et la moitié gauche du sang artériel. Au moment où la systole du ventricule se produit, le sang qui est d'abord chassé dans le bulbe artériel (dont l'orifice est comme on l'a vu à l'extrémité droite du ventricule) est par conséquent du sang veineux. Il remplit le cône artériel et, trouvant une résistance moindre du côté des vaisseaux pulmonaires courts et larges, entre dans ces vaisseaux à gauche de la valvule médiane. Aussitôt rempli et distendu, comme la résistance est moindre partout ailleurs, la dernière portion du sang, constituée par les sangs veineux et artériel qui se sont mélangés au milieu du ventricule, passe à droite de la valvule longitudinale dans les arcs aortiques. Et, comme le bulbe artériel se distend de plus enplus, la valvule longitudinale, relevée, tend de plus en plus à oblitérer les orifices des artères pulmonaires et à empêchèr le sang d'y arriver.

En dernier lieu, la dernière portion du sang contenu dans le ventricule, représentant le sang complètement artérialisé de l'oreillette gauche qui arrive le dernier à l'orifice du bulbe, passe dans les troncs carotidiens et se distribue à la tête. Les principaux vaisseaux de la grenouille sont disposés comme il suit :

A. Artères.

1. Système de l'*arc aortique antérieur* (*tronc carotidien*).

a. Artère *linguale*, — à la langue.
b. Artère *carotide*, — à l'intérieur du crâne et au cerveau.

2. Système de l'*arc aortique moyen* (*troncs aortiques*).

a. Artères *vertébrales* et *sous-clavière*, — à la colonne vertébrale et aux membres antérieurs. Artère *œsophagienne* à l'œsophage.

b. Artère *cœliaco-mésentérique* (naît de l'arc gauche, ou de l'aorte dorsale, ou enfin à la jonction des deux arcs).

α. Artère *cœliaque*, à l'estomac et au foie.

β. Artère *mésentérique*, à l'intestin et à la rate.

c. Des ramifications de l'aorte dorsale se distribuent aux reins, aux organes génitaux et aux muscles du dos.

d. Les branches terminales de l'aorte dorsale (*iliaque commune*); chacune d'elles donne naissance aux artères hypogastriques qui vont à la vessie et aux parois de l'abdomen, et se continue dans le membre inférieur sous le nom d'artère fémorale.

3. Le système de l'*arc aortique postérieur* (*tronc pulmo-cutané*).

a. L'artère pulmonaire au poumon.
b. L'artère *cutanée* au tégument dorsal.

B. Veines.

1. Le système de la *veine cave supérieure* formée, de chaque côté, par la réunion de la *veine innominée*, de la *sous-clavière* et de la *jugulaire externe*.

a. *Veine jugulaire interne* : sort du crâne par le foramen jugulaire et ramène le sang du cerveau, de la moelle épinière et de la région vertébrale antérieure.

b. *Sous-scapulaire* : ramène le sang du bras et de l'épaule. Ces deux veines *a* et *b* formaient par leur réunion la veine innominée.

c. La veine *musculo-cutanée* reçoit le sang de la surface de la tète (sauf les régions mandibulaires et hyoïdiennes) et celui qui vient de la partie dorsale du tronc, et passe en avant entre les muscles obliques interne et externe de l'abdomen.

d. La *veine brachiale* reçoit le sang de l'avant-bras et de la main.

Ces deux dernières veines (*c* et *d*) forment en se réunissant la veine *sous-clavière*.



e. Les veines de la région mandibulaire et celles de la langue forment en s'unissant la veine jugulaire externe.

2. Le système de la *veine cave inférieure* formé par l'union des *rénales, génitales* et *hépatiques.*

a. La veine *fémorale,* qui vient de la partie antérieure du membre inférieur, et

b. La veine *sciatique,* qui vient de la partie postérieure du membre, amène le sang dans un tronc qui se trouve sur la paroi latérale du bassin et qui peut s'appeler la veine *pelvienne;* l'extrémité dorsale de cette dernière devient

c. La *veine iliaque commune,* qui passe le long du bord externe du rein, et se distribue à cet organe, d'où le sang est charrié à la veine cave inférieure par les veines rénales.

d. La veine *dorso-lombaire,* qui longe les apophyses transverses des vertèbres et reçoit le sang venant des parois de l'abdomen et de la cavité rachidienne, s'ouvre dans l'iliaque commune.

3. Le système de la *veine abdominale antérieure,* formé par la réunion des extrémités ventrales des veines pelviennes (2, *b*). Elle reçoit le sang qui vient de la vessie urinaire et des parois de la cavité abdominale, et se divise à son extrémité antérieure en deux branches, une à droite et une à gauche. Ces branches vont aux lobes correspondants du foie; la branche gauche reçoit une ramification provenant de la division gastrique de la *veine porte.*

4. Le système de la *veine porte;* l'une, la *veine gastrique,* ramène le sang de l'estomac; l'autre, la veine *liéno-intestinale,* ramène le sang provenant de la rate et des intestins.

[Il s'ensuit que le lobe gauche du foie et une partie du lobe droit sont arrosés par du sang veineux provenant de leur circulation, plus ou moins mêlé de sang veineux gastrique, tandis que seulement une partie du lobe gauche reçoit du sang veineux intestinal. On doit se rappeler que, outre le sang veineux, le foie reçoit, par l'artère hépatique, du sang artériel.]

5. Le système de la *veine pulmonaire* formé par la réunion des veines venant du poumon gauche et du poumon droit.

Outre les appareils de la circulation sanguine, la grenouille possède deux paires de cœurs lymphatiques. Ce sont des sacs musculeux contractiles qui communiquent d'une part avec les vaisseaux lymphatiques et d'autre part avec de grandes veines avoisinantes; ils chassent dans ces veines la lymphe contenue dans les grands vaisseaux lymphatiques et dans la cavité pleuro-péritonéale de la grenouille.

Les cœurs lymphatiques antérieurs sont placés sur les apophyses transverses de la troisième vertèbre, au-dessous du bord des scapulums; la paire postérieure se trouve à droite et à gauche de l'urostyle; les pulsations de ces cœurs lymphatiques peuvent être observées, en examinant avec soin la peau de cette région sur une grenouille vivante.

Le *thymus* est un petit corps arrondi situé immédiatement au-dessous de l'os hyoïde, dans une position correspondant aux extrémités dorsales des arcs branchiaux oblitérés.

Le *corps thyroïde* paraît être représenté par deux ou plusieurs corps ovales que l'on trouve attachés aux vaisseaux de la langue, et entre les troncs aortiques et pulmo-cutané.

Les *glandes surrénales* sont des corps jaunes enfouis dans la face ventrale du rein.

La glotte de la grenouille a l'aspect d'une fente. Elle est formée par l'apposition de deux replis longitudinaux de la membrane muqueuse de la bouche, dont chacun contient un cartilage exactement semblable dans les deux. Ce sont les *cartilages aryténoïdes*. Ils s'articulent avec un cartilage annulaire (*laryngo-trachéal*,) qui supporte les parois d'une cavité très courte, laquelle représente le larynx et la trachée. Quand on écarte les deux plis qui forment la glotte, on voit entre eux deux poches membraneuses, dont les bords libres se rencontrent sur la ligne médiane, tandis qu'en avant et en arrière ils se continuent avec la membrane muqueuse qui tapisse les plis longitudinaux. Ce sont là les *cordes vocales* et la fente qui se trouve entre elles répond à la glotte chez l'homme. Elles produisent en vibrant le coassement de la Grenouille.

A droite et à gauche, la chambre laryngo-trachéale s'ouvre dans le poumon correspondant. Le poumon est un sac ovale, transparent, quelque peu allongé en arrière, qui se trouve à côté de l'œsophage dans la région dorsale de la cavité abdominale. Il est recouvert par un feuillet de la membrane pleuro-péritonéale qui représente le feuillet viscéral de la plèvre des animaux supérieurs. La paroi du sac pulmonaire s'avance à l'intérieur en formant des cloisons, qui sont beaucoup plus proéminentes et plus nombreuses dans la portion antérieure que dans la portion postérieure du poumon et qui divisent la périphérie de cette cavité en nombreuses cellules aériennes, sur les parois desquelles se distribuent les ramifications de l'artère pulmonaire.

Les poumons sont élastiques (un poumon distendu s'affaisse aussitôt qu'il est piqué) et ils contiennent de nombreuses fibres musculaires.

Chez la Grenouille, l'inspiration s'effectue la bouche agissant comme une pompe foulante. La bouche étant fermée et les narines externes ouvertes, le plancher de la bouche s'abaisse et la cavité buccale se remplit d'air. Alors les narines se ferment, l'os hyoïde s'élève entraînant avec lui le plancher de la bouche, et, en même temps, l'entrée de l'œsophage se ferme. De cette façon l'air est forcé de passer à travers la glotte et distend les poumons.

Dans l'expiration telle qu'elle s'effectue ordinairement, l'élasticité des poumons et la pression des viscères environnants suffisent probablement à expulser l'air; mais cette opération peut recevoir un secours puissant, d'abord de la contraction des fibres musculaires intrinsèques du poumon; ensuite de la contraction des muscles des régions latérales et ventrales de la paroi abdominale; troisièmement enfin de la contraction des musculaires qui forment le diaphragme; toutes ces actions tendent, soit directement, soit indirectement, à diminuer la capacité des poumons.

Il faut absolument que, pendant l'inspiration, la bouche soit fermée, et il paraît, dit-on, qu'on peut asphyxier des grenouilles en maintenant leur bouche ouverte.

Outre le poumon, appareil principal de la respiration, la Grenouille possède un appareil respiratoire secondaire dans sa peau humide et délicate. En effet, une quantité considérable de sang veineux arrive à cet organe par l'intermédiaire de la volumineuse branche cutanée de l'artère pulmo-cutanée. On s'est assuré expérimentalement que des grenouilles auxquelles on a extirpé les poumons continuent à vivre et à respirer longtemps, surtout à une basse température, au moyen de leur peau.

Les reins allongés, aplatis latéralement, sont maintenus en place par le péritoine qui se continue sur leur face ventrale. Les conduits excréteurs des reins partent du point où se réunissent le tiers médian et le tiers postérieur du bord extérieur de chaque rein, se rapprochent en se dirigeant en arrière et s'ouvrent dans la paroi postérieure du cloaque par deux petites ouvertures en boutonnière très rapprochées l'une de l'autre.

La vessie urinaire est un grand sac bilobé, qui s'ouvre en arrière, par une large ouverture médiane, dans l'extrémité antérieure du cloaque, du côté ventral du rectum.

Les *testicules* sont des corps sphériques, jaunâtres, situés audevant des reins et enveloppés par le péritoine, dont un repli, qui forme une espèce de mésentère testiculaire ou *mésorchium,* se continue avec celui qui recouvre la face ventrale du rein. On peut voir

les délicats *vasa efferentia* du testicule traverser ce repli pour entrer dans la substance du rein. Ils communiquent avec les tubes urinifères. De la sorte, le conduit excréteur du rein ne joue pas seulement le rôle d'un uretère, mais aussi celui d'un canal déférent.

Les spermatozoïdes de la *Rana esculenta* ont des têtes volumineuses et cylindriques, tandis que ceux de la *Rana temporaria* ont une tête linéaire.

Les ovaires sont des organes lamelleux, larges, très volumineux et qui se plissent beaucoup dans la saison des amours. Chacun est creux à l'intérieur et divisé en plusieurs chambres. D'innombrables ovisacs, contenant des ovaires de couleur foncée, sont parsemés à travers la substance de l'ovaire et donnent naissance à des proéminences qui s'avancent progressivement à l'intérieur de la cavité ovarienne.

Les oviductes sont de longs tubes enroulés situés à droite et à gauche sur la paroi dorsale de la cavité abdominale, à laquelle ils sont attachés par des replis du péritoine; chacun d'eux se recourbe à la face externe de la racine du poumon. Leurs extrémités antérieures sont très effilées et se terminent de chaque côté du péricarde par des orifices béants, entre l'insertion du diaphragme et le lobe du foie. Le repli du péritoine qui joue le rôle de ligament, qui attache le lobe du foie au diaphragme, à l'œsophage et à la paroi postérieure du péricarde, constitue en réalité la lèvre externe de l'orifice de l'oviducte. Dans la plus grande partie de leur longueur, les parois de l'oviducte sont épaisses, glanduleuses, et se gonflent si on les met dans l'eau. En arrière, les oviductes se dilatent pour former des chambres spacieuses à parois minces et se terminent, tout près l'un de l'autre, par des orifices qui s'ouvrent dans la paroi dorsale du cloaque au devant des orifices des oviductes.

A sa maturité, chaque œuf est constitué par une membrane vitelline anhiste, renfermant un vitellus, dans lequel est une vésicule germinative, laquelle à son tour contient plusieurs taches germinatives. Une moitié du vitellus est colorée en noir, l'autre est de couleur pâle.

Les actions des différentes parties de l'organisme de la grenouille sont coordonnées ensemble, et se mettent en rapport avec le monde extérieur au moyen des systèmes nerveux et musculaire et des organes des sens.

Les muscles sont constitués, les uns par des fibres striées, les autres par des fibres lisses; la première sorte de fibres compose seulement les muscles de la tête, du tronc, des membres et du corps, tandis que l'autre se rencontre dans les viscères et les vaisseaux. On

trouvera, dans la partie de ce chapitre consacrée aux exercices pratiques, un aperçu de la disposition des muscles dans le membre inférieur.

Il est commode de diviser le système nerveux en deux parties, le *système nerveux cérébro-spinal* et le *système sympathique*. A son tour, le système nerveux cérébro-spinal est constitué par le cerveau ou *encéphale*, et la moelle épinière, chacun avec les nerfs qui en partent.

L'encéphale est renfermé dans la cavité crânienne qu'il emplit presque entièrement et se divise en *cerveau postérieur*, *cerveau moyen* et *cerveau antérieur*. La dernière de ces divisions comprend à son tour trois divisions : le thalamencéphale, les hémisphères cérébraux, et les lobes olfactifs.

La moelle allongée forme en majeure partie le cerveau postérieur. Elle continue en avant la moelle épinière et présente, sur sa face dorsale, une cavité triangulaire dont le sommet est dirigé en arrière. Elle est recouverte comme d'une voûte par une membrane épaisse et très vasculaire (plexus choroïde), dont la surface intérieure présente des plis transversaux de chaque côté d'une crête longitudinale médiane. La cavité s'appelle le *quatrième ventricule;* elle communique en arrière avec le canal central de la moelle, tandis qu'en avant un passage étroit met le quatrième ventricule en rapport avec les cavités situées en avant de lui. Les crêtes latérales épaisses de substance nerveuse situées à droite et à gauche du quatrième ventricule, et qui représentent les corps restiformes, se continuent en avant avec les extrémités externes d'une plaque courte et large, en forme de langue, à face ventrale convexe, à face dorsale convexe, qui recouvre la partie antérieure du quatrième ventricule, et qui est le *cervelet*.

En avant du cervelet, la moitié dorsale du cerveau moyen est formée par deux corps ovales, dont les grands axes sont dirigés à l'intérieur et en bas; ce sont les *lobes optiques*. Si on les ouvre, on voit que chacun d'eux contient une cavité ou ventricule, munie d'un orifice à sa face interne. Ces orifices communiquent avec un passage étroit, dans lequel il donne issue lui-même dans l'*iter a tertio ad quartum ventriculum*, tel est le nom donné au canal qui conduit, à travers le mésencéphale, du troisième au quatrième ventricule. Le plancher de ce canal est formé par l'épaisse masse principale de l'axe cérébro-spinal. Il présente une dépression longitudinale médiane ou raphé, et présente dans cette région les *crura cerebri*.

Au-devant du cerveau moyen se trouve la division postérieure du cerveau antérieur ou le *thalamencéphale*, qui est très distinct chez la

Grenouille et qui est creusé en son milieu d'une cavité, le troisième ventricule. De chaque côté, la cavité du troisième ventricule est limitée par une masse épaisse de substance nerveuse où se continuent les crura cerebri. Ce sont les *couches optiques*. Du côté dorsal, les parois du troisième ventricule sont très minces et très faciles à déchirer, sauf en arrière, où se trouve une bande épaisse, transversale, de substance nerveuse, la commissure postérieure.

Un tractus délicat part de la partie antérieure ou toit du troisième ventricule et se rend à la *glande pinéale*, corps oval logé entre les parties postérieures des hémisphères cérébraux. La partie antérieure du plancher du ventricule, d'autre part, se prolonge en une masse bilobée dirigée en arrière, qui est l'*infundibulum*. L'infundibulum est en rapport en bas avec le *corps pituitaire*. En avant de ce dernier, on voit la commissure des nerfs optiques.

En avant, le troisième ventricule est limité par la *lamina transversalis* épaisse qui contient la *commissure antérieure*. De chaque côté, entre cette dernière et le pédoncule de la glande pinéale, se trouve un petit orifice, le *trou de Monro*. Il conduit dans une cavité creusée dans l'intérieur de l'hémisphère cérébral, le ventricule latéral.

Les hémisphères sont des corps allongés, plus larges en arrière qu'en avant, où on ne peut les distinguer des lobes olfactifs que grâce à une légère constriction. La paroi antérieure du ventricule, bien que relativement épaisse, ne présente rien qui puisse être appelé un *corps strié* distinct. La paroi interne forme une ou deux proéminences convexes dans l'intérieur du ventricule.

La cavité ventriculaire devient très étroite en se continuant à la base des lobes olfactifs, et les lobes prennent la forme de cordons nerveux qui abandonnent le crâne et se ramifient à la face postérieure des fosses nasales.

Les faces internes des hémisphères sont entièrement libres et séparées par une fente, la *grande fente cérébrale;* mais les faces internes des commencements des lobes olfactifs sont complètement réunies ensemble et donnent ainsi naissance à une sorte de *corps calleux*.

Ce qu'on appelle ordinairement les nerfs crâniens sont au nombre de dix paires, mais on doit se rappeler qu'il est prouvé, par l'étude de leur développement, que la première et la seconde paire sont des lobes de l'encéphale.

1. *Nerfs olfactifs.*

Les *lobes olfactifs* correspondent à ce qu'on appelle les *nerfs olfac-*

tifs chez les vertébrés supérieurs. Ils se distribuent exclusivement aux fosses nasales.

2. *Nerfs optiques.*

Ils partent en divergeant de la base du cerveau en avant de l'infundidulum. A leur origine, ce sont des diverticules du thalamencéphale, qui plus tard se mettent en rapport avec les lobes optiques.

Des autres nerfs crâniens, cinq paires quittent le crâne en avant des capsules auditives, tandis qu'une paire entre dans ces capsules et que deux paires partent en arrière.

Les nerfs *préauditifs* sont les suivants :

3. *Moteurs oculaires communs.*

Ils naissent de la partie antérieure du plancher du cerveau moyen et se distribuent à tous les muscles de l'œil, à l'exception du droit externe, de l'oblique supérieur et du rétracteur du bulbe.

4. *Pathétiques.*

Ils naissent du plancher du cerveau moyen et se dirigent vers la face dorsale de l'encéphale, entre le cervelet et les lobes optiques. Ils se distribuent aux muscles obliques supérieurs de l'œil.

5. *Trijumeaux.*

Ils naissent à la partie antérieure du plancher du cerveau postérieur et se dirigent vers les côtés. Alors chacun d'eux prend en se dilatant la forme d'une masse jaune, le *ganglion de Gasser*, lequel est situé au-devant de la capsule auditive dans le trou de l'os prootique par lequel le nerf sort du crâne, après avoir quitté le ganglion.

Ce ganglion est en connexion avec les trous des sixième et septième nerfs et avec l'extrémité antérieure du sympathique, et quelques ramifications qui semblent en partir proviennent en réalité des sixième et septième paires. En quittant le ganglion, le nerf se divise en trois branches principales, l'*orbito-nasale*, la *palatine* et la *maxillo-mandibulaire*.

I. Le nerf orbito-nasal (appelé d'ordinaire la première branche de la cinquième paire) se distribue :

a. Au droit externe.
b. Au rétracteur du bulbe.
(Les branches *a* et *b* appartiennent à la sixième paire.)
c. Une branche qui s'anastomose avec la quatrième paire.
d. Une branche à la glande de Harder.
e. Le trou principal passe à travers la protubérance anté-orbitaire

du crâne dans la chambre nasale, et se distribue en dernier lieu à la membrane muqueuse olfactive et au tégument du museau.

II. Le *nerf palatin* se distribue :

a. A la voûte de la cavité buccale.

b. Son tronc principal se dirige en avant entre la membrane muqueuse du palais et le crâne, perce le vomer et se termine dans la membrane muqueuse de la partie antérieure du palais.

(Ce nerf provient principalement, sinon entièrement, de la septième paire).

III. Le *maxillo-mandibulaire* se divise en deux troncs appelés d'ordinaire seconde et troisième branches de la cinquième paire.

a. Le *maxillaire* passe en dehors de l'œil et se distribue aux téguments de la mâchoire supérieure. Un filet anastomotique unit ce nerf au palatin.

b. Le *mandibulaire* passe entre le muscle temporal et le ptérygoïdien, au-dessous du jugal, au-dessus de l'articulation de la mandibule, le long de la face interne de ce dernier os, et se rend à la symphyse; en chemin, il distribue des ramifications aux téguments, aux muscles, aux dents et à la langue.

6. *Moteurs oculaires externes* (*Abducentes*).

Naissent du plancher du cerveau postérieur et abandonnent la surface ventrale de la moelle allongée tout près de la ligne médiane. Chacun d'eux s'unit alors avec le ganglion de Gasser et avec la branche orbito-nasale de la cinquième paire, de telle sorte qu'il ne paraît être qu'une ramification de ce dernier (voy. 5, I, *a* et *b*).

7. Les *nerfs faciaux*.

Naissent du plancher du cerveau postérieur, en arrière de la cinquième paire et au même endroit que la huitième. Ils laissent le cerveau postérieur et entrent alors en relation intime avec le ganglion de Gasser. Chacun d'eux se divise alors en deux branches, une antérieure et une postérieure. La branche antérieure se réunit à la division palatine de la cinquième; la branche postérieure passe entre les branches dorsale et ventrale du suspensorium, entre dans la cavité tympanique, passe sur la *columella auris* et alors, au moment où elle abandonne le tympan, reçoit une très forte branche du glosso-pharyngien. Finalement, elle se divise en deux branches, une antérieure et une postérieure.

a. La première, qui correspond à la corde du tympan des Vertébrés

supérieurs, se dirige le long de la face interne de la branche de la mandibule, parallèlement à la branche mandibulaire de la cinquième paire.

b. La seconde longe la corne de l'os hyoïde et dessert ses muscles.

8. Les *nerfs auditifs.*

Naissent en même temps que les précédents. Chacun d'eux se divise en deux branches qui entrent dans la capsule auditive.

Les *nerfs post-auditifs* sont :

9. Les *glosso-pharyngiens.*

Ces nerfs naissent de la moelle allongée en même temps que les suivants; les racines de ces deux paires abandonnent le crâne par une ouverture située de chaque côté en arrière de la capsule auditive et forment un ganglion commun. De là part le tronc du glosso-pharyngien. Il va en bas et en avant à la racine de la langue, il y pénètre et dessert cet organe. En outre, il distribue des filets aux muscles et une grande branche anastomotique à la septième paire.

10. Les *pneumogastriques* ou *vagues.*

Immédiatement à leur sortie du ganglion commun, ces nerfs se séparent des glosso-pharyngiens, et chacun d'eux donne une branche cutanée au tégument dorsal de la tête et du tronc : il se divise alors en deux branches, dont l'une (*a*) court au dedans et au-dessus de la branche cutanée de l'artère pulmo-cutanée, tandis que l'autre (*b*) est située plus bas et s'écarte de la première.

a. Est le nerf *laryngé.* Il passe au-dessous du premier nerf cervical, puis croise en passant au-dessus de lui le troisième arc aortique et, en son milieu, contourne brusquement pour aller se distribuer au larynx.

Ce nerf correspond au nerf *laryngé récurrent* des animaux supérieurs.

b. Est la branche splanchnique; elle donne des branches (gastriques) à l'œsophage et à l'estomac et un filet nerveux, mince (cardiaque), qui se dirige vers le cœur en passant au-dessous de l'artère pulmonaire et le long de l'origine du poumon. Là, il se termine par des ganglions situés dans la cloison des oreillettes. La branche splanchnique devient finalement plus forte et se distribue aux poumons et à l'estomac.

La moelle épinière ou *myelon* continue en arrière le cerveau postérieur sous la forme d'un cordon subcylindrique, qui se rétrécit d'une façon brusque au point où il paraît même se terminer, au

niveau de la septième vertèbre. En réalité cependant, ce n'est pas là qu'il se termine; il se prolonge par un filament étroit, le *filum terminale*, jusqu'au commencement du canal de l'urostyle. Le diamètre de la moelle épinière augmente quelque peu vis-à-vis de l'origine des nerfs qui se rendent aux membres. Sur des coupes transversales, on voit que la moelle n'est pas réellement cylindrique et qu'elle est parcourue par deux sillons longitudinaux, un dorsal et un ventral, qui ne laissent entre ses deux moitiés qu'une sorte de pont comme trait d'union. Au centre de ce pont se trouve creusé un canal, le *canal central*, qui se continue en avant avec la cavité du quatrième ventricule.

Dix paires de nerfs disposées d'une façon symétrique partent des côtés de la moelle épinière. Chaque nerf est pourvu de deux racines, l'une part de la surface dorsale de la moitié latérale de la moelle et l'autre de la surface dorsale de la même moitié. La racine dorsale présente une petite dilatation ganglionnaire, après laquelle elle rejoint la racine ventrale pour former le tronc commun du nerf spinal. Les racines des nerfs spinaux postérieurs sont très longues et y restent pendant quelque temps côte à côte dans le canal spinal.

Le premier nerf spinal sort du canal neural par l'espace situé entre les arcs de la première et de la seconde vertèbre, de telle sorte qu'il n'y a pas chez la Grenouille de nerf sub-occipital. Il donne une branche aux muscles qui meuvent la tête sur l'atlas, mais son tronc principal descend en arrière de la mandibule, accompagne le nerf glosso-pharyngien et se distribue aux muscles de la langue. Il correspond par conséquent au nerf hypoglosse des vertébrés supérieurs.

Le second nerf spinal et le troisième (le premier étant toujours plus volumineux) s'unissent pour former un plexus, *plexus brachial*, et se distribuent principalement au membre antérieur.

Les quatrième, cinquième et sixième nerfs spinaux vont aux parois du milieu du corps.

Les septième, huitième et neuvième paires sont constituées par de gros nerfs qui s'unissent pour former le *plexus lombo-sacral*, d'où partent des nerfs qui vont aux parois de la partie postérieure du corps et aux membresinférieurs. Les nerfs de ces derniers sont, à la partie antérieure de la cuisse, le *crural* et le *sciatique* qui passe au dos de la cuisse et finalement se divise en nerfs *péronier* et *tibial*, qui desservent la jambe et le pied.

Le dixième nerf spinal abandonne le canal neural par le trou coccygien et se distribue aux parties voisines.

Sympathique.

Le système sympathique est constitué par dix ganglions, unis par des commissures longitudinales et situés à droite et à gauche de la face ventrale de la colonne vertébrale; dans la région de l'aorte dorsale, ils sont en rapports étroits avec elle. Chaque ganglion sympathique est uni par un filament commissural à l'un des nerfs spinaux, et les ganglions les plus antérieurs s'unissent de la même façon avec les ganglions des neuvième et dixième paires. De ce ganglion part un filet délicat qui peut être considéré comme la portion tout à fait antérieure du sympathique, et qui se rend dans la cavité crânienne, du côté interne de la capsule péri-otique, où il s'unit avec le ganglion de Gasser.

Des filets du sympathique accompagnent les vaisseaux, et il distribue des troncs considérables aux viscères de l'abdomen.

Les *organes olfactifs* sont deux larges sacs qui occupent tout l'espace compris entre le cartilage mésethmoïdien, les proéminences ante-orbitaires, les prémaxillaires et les maxillaires, et qui s'ouvrent à la face antérieure et dorsale par les narines externes, à la face postérieure et ventrale par les narines postérieures. La face interne de ces sacs est tapissée d'un épithélium tout particulier, et les nerfs olfactifs, ainsi que quelques ramifications du trijumeau, s'y distribuent.

Le *globe de l'œil* est logé dans l'orbite et protégé par les paupières décrites plus haut. Il possède quatre *muscles droits* qui procèdent de la paroi interne de l'orbite et qui s'insèrent à la circonférence du globe; en dedans de ces muscles, il existe un muscle rétracteur qui s'insère sur l'œil de la même façon et engaine le nerf optique, tandis que deux muscles obliques procèdent de la paroi antérieure et interne de l'orbite et s'attachent aux faces dorsale et ventrale du bulbe oculaire. En outre, un tendon délicat part de l'extrémité extérieure de la paupière inférieure ou membrane militante et s'attache aux fibres du *rétracteur du bulbe* oculaire. Par ce moyen, lorsque le globe de l'œil est rétracté, la membrane militante est amenée à la recouvrir. La paupière supérieure n'a pas de muscles. Un organe sécréteur, nommé la *glande de Harder,* se trouve dans la partie antérieure de l'orbite, au-dessous du muscle oblique supérieur.

La sclérotique est cartilagineuse, mais elle ne présente point de traces d'ossification. Le cristallin est presque sphérique. Il n'y a pas de peigne.

L'*oreille* est constituée par une partie essentielle, le *labyrinthe membraneux*, logé dans la capsule péri-otique, et des parties accessoires, la *columella auris*, la *membrane tympanique* et le *tympan.*

La première est constituée par les trois *canaux semi-circulaires ordinaires* munis de leurs dilatations vestibulaires, lesquelles s'ouvrent dans un vestibule divisé en *utricule* et *saccule;* le dernier en particulier contient une grande quantité de blancs et cristallins otolithes calcaires.

Du côté externe du vestibule se trouve une petite dilatation qui est peut-être un *limaçon* rudimentaire.

Le labyrinthe membraneux est contenu dans la capsule périotique, en partie cartilagineuse, en partie osseuse, dans laquelle il se moule, mais sans y adhérer; l'intervalle est rempli d'un fluide, la périlymphe. A la face externe de la capsule périotique se trouve une ouverture ovale, la *fenêtre ovale,* à laquelle s'adapte l'extrémité de la columelle. Elle a la forme d'un pilon au manche duquel serait adaptée une pièce transversale. L'extrémité interne arrondie du pilon reliée par du tissu fibreux à la fenêtre ovale est cartilagineuse. Dans sa partie moyenne le manche est entouré d'une gaîne d'os, tandis que sa portion externe est cartilagineuse. La pièce transversale est fixée à la face interne de la membrane du tympan. Cette membrane est tapissée à l'extérieur par la peau, à sa face interne par une muqueuse, laquelle se continue avec la muqueuse de la bouche par l'intermédiaire de la trompe d'Eustache. La membrane muqueuse de la cavité tympanique ne recouvre que la face ventrale de la columelle, sur la face dorsale de laquelle passe la division postérieure du nerf facial.

La *langue.* Cet organe est, comme on l'a vu, fixé seulement en avant de la mandibule, et par la moitié antérieure de sa face ventrale au plancher de la bouche, la moitié postérieure étant libre et bifide à son extrémité. Des papilles à sommet étroit ou large (papilles filiformes et fongiformes) sont semées sur toute la face dorsale de la langue; les plus grandes sont en avant. Entre ces papilles s'ouvrent de petites glandes.

Les papilles fongiformes contiennent les ramifications ultimes du nerf glosso-pharyngien, et l'épithélium qui recouvre leur sommet est modifié d'une façon spéciale.

Le *tégument.* On n'a pas observé d'organes spéciaux du toucher, mais la peau est remarquable par le grand nombre de glandes en tube simples, pressées les unes contre les autres, qui s'ouvrent à sa surface. Dans le tégument épaissi qui, chez le mâle, recouvre la base du doigt interne, il se développe de grosses papilles avec des glandes interposées.

Un corps singulier dont la formation est inconnue, ou glande

interoculaire, consistant en un sac sphéroïdal tapissé de petites cellules, se trouve dans la peau de la région frontale de la tête.

Des cellules contenant du pigment se rencontrent en quantité dans la peau et subissent des changements de formes remarquables. Tantôt, en effet, le pigment se ramasse en une masse globuleuse, tantôt il se distribue d'une façon rayonnée.

MANIPULATION

A. Structure générale.

1. Revenez sur les caractères spécifiques mentionnés plus haut (p. 190).

2. Divisions du corps : *tête*, *tronc*, deux paires de *membres* (voy. p. 190).

a. La tête.

Elle ressemble à un triangle dont le sommet émoussé serait tourné en avant; en s'élargissant, elle s'unit au tronc sans présenter aucune constriction qui serait l'indice du cou; remarquez les yeux proéminents avec leurs paupières; les *membranes tympaniques*, partie du tégument tendue sur un anneau squelettique, situé de chaque côté de la tête en arrière et un peu au-dessous des yeux; les deux orifices des fosses nasales (*narines antérieures*), situées entre les yeux et l'extrémité du museau; l'orifice buccal, à la face supérieure de la tête. On sent les parties dures à travers la peau; la gorge au contraire est molle et flexible.

Passez une soie dans l'une des narines antérieures; faites une petite ouverture dans une des membranes tympaniques et passez-y une autre soie. Maintenant ouvrez toute grande la gueule de l'animal. Si les soies ont été suffisamment enfoncées, vous verrez la première qui a traversé l'orifice nasal postérieur à la partie supérieure de la cavité buccale; tandis que l'extrémité de l'autre apparaît dans la trompe d'Eustache, qui se trouve en arrière et sur les côtés de cette même cavité. Vous verrez la langue charnue avec son extrémité libre bifurquée et tournée en arrière. Retournez cette extrémité en avant, pour voir la façon dont la langue s'insère à sa base sur le plancher de la bouche, à la partie antérieure de la mâchoire inférieure. Notez la fente de la glotte à la partie postérieure du plancher de la bouche et au-dessus d'elle l'orifice de l'œsophage. Faites passer une soie dans le premier de ces deux orifices et une sonde dans le second. Notez les dents fines qui sont implantées sur la mâchoire supérieure et sur le palais.

b. Le tronc.

Il s'effile vers son extrémité postérieure; à la face dorsale on peut sentir les parties dures du squelette à travers la peau molle, ainsi que dans la portion antérieure de la face ventrale. Sur les côtés et dans sa portion ventrale, il est mou et arrondi. L'ouverture cloacale se trouve près de la face dorsale à l'extrémité postérieure du tronc.

c. Les membres.

α. Les membres antérieurs; leurs trois subdivisions : bras, avant -bras et main; les quatre doigts.

β. Les membres postérieurs; comparez leur longueur avec celle des membres antérieurs; leurs subdivisions en cuisse, jambe, pied; les cinq longs doigts, la membrane interdigitale bien développée, la proéminenc ecornée. (Voy. p. 190.)

3. Soulevez la peau de l'abdomen avec des ciseaux et incisez-la de la mâchoire inférieure jusqu'à l'origine des membres postérieurs, un peu à côté de la ligne médiane. Observez les cavités lymphatiques spacieuses qui se trouvent entre la peau et la paroi musculaire sous-jacente de l'abdomen, ainsi qu'une veine située sur la ligne médiane à la face interne de ces parois et qui d'ordinaire se laisse facilement apercevoir.

4. Soulevez la paroi musculaire de l'abdomen et incisez-la de même, un peu à côté de la ligne médiane, suffisamment pour ouvrir la cavité abdominale, en évitant avec grand soin de léser la vessie qui se trouve à l'extrémité postérieure de cette cavité. Remarquez la veine très visible (*abdominale antérieure*), qui se trouve au-dessous des muscles, le long de la ligne médiane de l'abdomen. Vous apercevrez le foie, l'estomac et les intestins. Chez la femelle, les ovaires et les oviductes sont très visibles sur les côtés à l'époque de la reproduction. Insérez dans l'ouverture cloacale l'extrémité effilée d'un tube; en y insufflant de l'air, vous distendrez la vessie urinaire volumineuse et bilobée. Si les poumons sont distendus par l'air, vous en apercevrez un de chaque côté à l'extrémité antérieure de la cavité abdominale, et en faisant passer une soie dans l'un d'eux, par la fente de la glotte, vous pourrez la voir au travers. Ouvrez l'estomac pour voir l'extrémité de la sonde passée dans l'œsophage.

En rejetant d'un côté la masse des intestins, vous mettrez à découvert le rein, le corps adipeux et le testicule (chez le mâle). Notez de chaque côté de la colonne vertébrale un grand nombre de petites taches blanches. Ce sont des accumulations de cristaux calcaires.

5. En avant du foie, on voit le sommet du cœur à travers le péricarde. Ouvrez ce dernier et observez la position du cœur.

6. Coupez entièrement les membres antérieur et postérieur de gauche, ainsi que les portions situées à gauche de la colonne vertébrale et du crâne, autant qu'il le faut pour ouvrir la cavité où sont contenus les centres nerveux cerébro-spinaux; fixez la grenouille dans la cuvette à dissection, sur le côté droit, en la recouvrant d'eau, et étudiez la position des divers organes dans leurs rapports avec un plan longitudinal médian. Faites un diagramme consciencieux des organes mis à découvert.

7. Laissez une grenouille dans une solution décalcifiante (soit acide chromique à 1/100) assez longtemps pour que son squelette soit ramolli, et faites des coupes transversales passant :

1° A travers les yeux.
2° A travers les centres des membranes tympaniques.
3° A travers la ceinture scapulaire.
4° A travers la partie inférieure de l'abdomen.

Comparez ces coupes avec les résultats des dissections précédentes.

B. Dissection des viscères de la cavité ventrale.

1. Tuez une grenouille au moyen du chloroforme et fixez-la, étendue sur le dos, sous l'eau, sur une couche de paraffine ou de cire. Incisez la peau de l'abdomen tout le long de la ligne médiane, depuis le bassin jusqu'au menton. Faites ensuite à chaque extrémité de cette incision une autre incision transversale et étalez alors les quatre lambeaux ainsi formés. Vous pouvez maintenant observer les points suivants.

a. Une grande veine (*musculo-cutanée*), à la surface interne de chaque lambeau, à peu près au niveau de l'épaule.

b. Une partie des muscles de la paroi abdominale, recouverts par une aponévrose délicate, à travers laquelle on peut apercevoir :

α. Le *droit de l'abdomen*, qui va du pubis au sternum, tout près de la ligne médiane, et qui se trouve divisé en plusieurs ventres par des partitions tendineuses.

β. D'autres muscles situés de chaque côté, à l'extérieur du droit de l'abdomen.

c. La *région pectorale;* une portion de ses parties dures, visible sur la ligne médiane où elle n'est recouverte que par du tissu tendineux; en dehors d'elle, des muscles qui se rendent vers l'articulation de l'épaule.

d. Les muscles du cou, petits, et dont la direction générale est de la mâchoire inférieure au sternum et à la ceinture scapulaire.

2. Soulevez la paroi ventrale avec les pinces et divisez-la soigneusement, un peu à droite de la ligne médiane, de façon à ouvrir la cavité générale du corps sans léser son contenu; prolongez cette incision du bassin jusqu'au sternum; faites tout près du bassin une incision perpendiculaire à la première, et étalez à droite et à gauche les lambeaux ainsi obtenus. Sur la face interne du lambeau de gauche vous verrez une grande veine, *veine abdominale antérieure.*

Saisissez avec les pinces l'extrémité du sternum et soulevez-la; en regardant au-dessous, vous trouverez plusieurs tractus fibreux qui vont du sternum aux parties sous-jacentes; coupez-les avec précaution, puis, au moyen d'une forte paire de ciseaux, fendez ce même sternum tout le long de la ligne médiane, en prenant bien soin de ne pas léser les organes situés au-dessous. Ecartez l'une de l'autre les deux moitiés du sternum jusqu'à les tourner vers l'extérieur, et fixez-les dans cette position au moyen d'épingles. Tirez sur chaque bras de façon à le mettre dans l'état d'extension complète, et fixez-le encore avec des épingles.

3. Remarquez la membrane lisse, humide (*membrane pleuro-péritonéale*) qui tapisse la face interne de la cavité du corps ainsi que la face externe des viscères qu'elle renferme.

4. Vous reconnaîtrez facilement le *foie* dans une grande masse brune qui recouvre la plus grande partie des autres viscères abdominaux. Dans une fente qui existe sur son bord antérieur et qui est facilement cachée par lui, se trouve un sac délicat animé de pulsations rythmiques. Ouvrant ce sac et en enlevant avec précaution des lambeaux, on met à découvert le cœur et une partie des gros troncs vasculaires; disséquez avec soin les deux grosvaisseaux (*arcs aortiques*), qui partent en divergeant de la base du cœur, et suivez chacun d'eux jusqu'au point où il se divise en trois vaisseaux.

5. Le cœur.

I. Notez la forme générale de l'organe.

a. Sa portion postérieure conique à parois épaisses (*ventricule*) à sommet dirigé en arrière.

b. Le *bulbe artériel,* partie sub-cylindrique qui naît du côté droit de la base du ventricule et se divise antérieurement en deux arcs aortiques.

c. L'*atrium*, à parois minces arrondies. Il est situé sur la face dorsale du bulbe et du ventricule. La cloison de séparation entre les oreillettes et les ventricules n'est pas visible à l'extérieur.

d. Soulevez avec précaution le ventricule; au-dessous de lui (c'est-à-dire sur sa face dorsale), vous voyez une autre division du cœur, le *sinus veineux;* il se trouve entre l'atrium et la grande veine cave qui y pénètre à travers les parois dorsale et postérieure du péricarde.

e. Il faut apporter à un examen plus approfondi du cœur de la grenouille beaucoup de soin et se servir d'une loupe d'un faible pouvoir grossissant. Sur une grenouille chloroformée, le cœur, au moment où il cesse de battre, est distendu par le sang. Lorsque tout signe de contractilité a disparu, on doit enlever du corps le cœur distendu en coupant les parties adjacentes de façon à respecter les terminaisons des veines et l'origine des troncs aortiques. L'organe est ensuite transporté dans une cuvette à dissection et recouvert d'alcool faible. Maintenant, en fendant avec précaution à droite et à gauche les parois de l'*atrium*, et en le débarrassant du sang qu'il contient, on rend visible la délicate cloison inter-auriculaire. En enlevant avec soin la face ventrale du ventricule, on découvre sa cavité, ainsi que l'orifice auriculo-ventriculaire. En fendant en long avec des ciseaux fins la paroi ventrale du bulbe artériel, on rend visibles les valvules qu'il renferme. Les veines pulmonaires courent le long de la face dorsale du sinus veineux, entre les veines caves supérieures droite et gauche, et se rendent à l'oreillette gauche où elles s'ouvrent tout près de l'insertion dorsale de la cloison interauriculaire.

Les rapports naturels entre les diverses subdivisions du cœur doivent être étudiées avec soin dans une dissection telle qu'elle se trouve décrite en A, 6.

II. La *pulsation cardiaque.* — On doit l'étudier sur une grenouille rendue insensible par la chloroformisation ou la destruction de la moelle. Cette dernière opération cependant produit une telle dilatation des vaisseaux, qu'après elle, tant que le cœur continue à battre, il ne passe que peu ou point de sang dans cet organe.

a. Observez attentivement les mouvements au cœur; ils consistent en une série de contractions et de dilatations qui alternent d'une façon régulière.

b. On verra que les deux oreillettes se contractent ensemble; puis, immédiatement après elles, le ventricule, et alors, instantanément, le bulbe artériel.

c. Soulevez le ventricule pour voir le sinus veineux; remarquez qu'il se contracte immédiatement avant les oreillettes.

6. Les parties mises à découvert par les dissections précédentes (B, 1,2.)

Dessinez-les soigneusement sans rien déranger.

a. Les *muscles du cou :* à travers le muscle largeet mince situé à la partie antérieure du cou (*mylo-hyoïdien*), on voit le *nerf hypoglosse.*

b. Le *larynx :* il forme sur la ligne médiane une protubérance de consistance dure qui se trouve juste en avant des arcs aortiques.

c. Le *cœur* et les *arcs aortiques* (voy. B, 5, I,), les trois branches terminales de ces derniers, c'est-à-dire :

α. Le *tronc carotidien*, qui en est la division antérieure; il se termine dans un petit corps rougeâtre (la glande carotide).

β. L'arc de l'*aorte* proprement dite.

γ. L'artère *pulmo-cutanée :* la dernière et troisième branche.

d. Le *foie :* grande masse brune bilobée; le lobe gauche est plus volumineux que l'autre et divisé en deux.

e. Les *poumons*, dont les extrémités postérieures sont visibles sous la forme de poches cloisonnées, un de chaque côté du foie; mais il arrive souvent qu'on ne les aperçoive pas avant d'avoir écarté ce dernier organe.

f. L'*estomac :* on en voit une petite portion qui s'avance jusqu'au bord gauche inférieur du foie.

g. L'*intestin :* tube enroulé, qui continue l'estomac et est suspendu par une membrane délicate, le mésentère; en arrière, l'intestin se termine par une portion dilatée (*rectum*), qui se trouve dans le bassin.

h. La *vessie urinaire*, sac bilobé à parois minces (qui peut se trouver distendu ou non). Elle se trouve à la partie antérieure du bassin.

i. Les *corps graisseux*, longues et étroites bandes d'un tissu jaune qui se trouvent à droite et à gauche du foie.

Chez la *Rana temporaria,* la vessie urinaire est beaucoup plus distinctement lobée et aussi beaucoup plus grande, toutes proportions gardées, que chez la *Rana esculenta.*

7. Le foie

a. Etudiez sa forme avec plus de détails.

b. Soulevez-en le bord inférieur; entre ses deux lobes, on aperçoit un petit sac verdâtre, la *vésicule biliaire.*

c. Coupez le foie avec précaution, mais en laissant en place sa partie profonde qui avoisine le sinus veineux.

d. Dissociez un morceau de foie dans une solution à 0,75 pour cent de chlorure de sodium et examinez la préparation avec l'objectif n° 5.

α. Vous y verrez un grand nombre de cellules polygonales, granuleuses (cellules hépatiques), contenant des gouttelettes graisseuses dans leur intérieur.

β. Traitez-la par l'acide acétique, vous ferez apparaître un noyau et quelquefois deux dans chaque cellule.

8. L'estomac, l'intestin, le pancréas et la rate.

a. Coupez la partie antérieure du bassin avec une paire de ciseaux mousses, en évitant de blesser la vessie urinaire, introduisez par l'anus une sonde dans le rectum en passant par le *cloaque*, déroulez l'intestin et tendez le mésentère autant qu'il est possible sans toutefois couper ce dernier.

α. La *rate :* c'est un petit corps rougeâtre situé sur le mésentère près de son insertion à la paroi dorsale de la cavité abdominale.

β. L'*estomac :* sac allongé situé à gauche de la cavité abdominale; le tube étroit (*œsophage*) qui débouche dans son extrémité antérieure.

γ. L'*intestin;* sa longueur et son diamètre variable, spécialement la grande largeur de sa portion rectale; sa terminaison postérieure dans le cloaque.

δ. Le *pancréas;* masse compacte de couleur pâle reposant sur le mésentère près de l'origine de l'intestin.

ε. Le *conduit biliaire.* Fendez le duodénum à l'endroit où l'extrémité droite du pancréas s'insère sur lui; en ce point vous apercevez un petit orifice sur la membrane muqueuse de l'intestin : c'est l'ouverture du *conduit biliaire;* faites-y pénétrer une soie.

ζ. Le *mésentère :* sa largeur, son mode d'insertion sur l'intestin, les vaisseaux sanguins qui le parcourent.

b. Coupez l'œsophage tout près de l'estomac et le rectum près du cloaque; enlevez, en coupant le mésentère, toute la portion du tube digestif comprise entre ces deux sections.

α. Introduisez par la bouche une sonde dans l'œsophage.

β. Ouvrez le bout supérieur de l'intestin et détachez un fragment de la muqueuse qui le tapisse intérieurement; montez-le dans la solution saline normale et examinez la préparation avec l'objectif n° 5; sur ce fragment on trouvera de petites protubérances (représentant les villosités des animaux supérieurs), recouvertes d'une couche de cellules étroitement serrées les unes contre les autres.

9. Les reins. Ces organes apparaissent maintenant sous la forme de deux corps allongés, d'un rouge foncé, situés dans la portion pos-

térieure de l'espace périviscéral, tout près de la colonne vertébrale; débarrassez-les de tous les vestiges de mésentère, etc..... qui pourraient les recouvrir; notez :

a. Le conduit — *uretère* (chez la femelle) ou conduit *uro-génital* (chez le mâle), qui va du côté externe de la partie postérieure de chaque rein au cloaque. Ouvrez le cloaque et introduisez une soie dans l'orifice de l'un des uretères.

b. Chez le mâle de la *Rana esculenta* chacun de ces conduits est quelque peu dilaté à sa sortie du rein; il se rétrécit ensuite de nouveau et s'ouvre à la surface postérieure du cloaque par une fente oblique à bords nettement définis. Chez la *Rana temporaria,* ce conduit ne se dilate pas, ou ne se dilate que très peu; mais sur son côté externe se trouve une masse glandulaire (*vésicule séminale*) du côté interne de laquelle partent un grand nombre de petits conduits qui vont s'ouvrir dans le canal uro-génital. L'orifice d'entrée de ce dernier dans le cloaque est rond et muni d'un bord proéminent. Chez la femelle, dans les deux espèces, les uretères sont très étroits.

c. La veine (*veine porte rénale*) qui pénètre dans le rein par son bord postérieur externe.

d. La grande veine (*veine cave inférieure*) qui se trouve entre les reins et est formée principalement par leurs veines efférentes (*veines rénales*).

Maintenant que le cloaque est ouvert, examinez l'orifice par lequel y débouche la vessie urinaire (B, 6, *h.*)

10. Les organes génitaux.

a. Chez le mâle.

α. Les *testicules;* ce sont deux corps jaunâtres situés sur la face ventrale de l'extrémité antérieure des reins; leur forme.

β. Les conduits excréteurs de chaque testicule (*canaux déférents*) pénètrent dans le bord interne du rein du même côté pour s'aboucher ensuite avec le conduit uro-génital (9, *a.*)

γ. Enlevez les testicules, ouvrez-en un et exprimez une partie de son contenu sur une lame de verre. Montez la préparation dans une goutte d'eau, et examinez-la avec l'objectif nº 5.

Vous voyez les spermatozoïdes; ce sont des corps pourvus d'une petite tête ovale et d'une longue queue vibratile chez la *Rana esculenta*; chez la *Rana temporaria* la tête ovale manque; leurs mouvements.

b. Chez la femelle.

α. L'*ovaire;* organe de taille très variable suivant la saison. Les œufs qu'il contient en grand nombre.

β. L'*oviducte;* tube enroulé, qui n'est pas continu avec l'ovaire et qui va s'ouvrir en arrière dans le cloaque. La plus grande partie de l'oviducte est opaque et glanduleuse; toutefois, la partie qui avoisine le cloaque est dilatée, pourvue de parois minces et transparentes. Les oviductes s'ouvrent dans la paroi postérieure du cloaque un peu en avant des orifices des uretères.

11. La bouche, l'œsophage et les organes respiratoires.

a. Ouvrez la bouche; remarquez sur la partie antérieure de sa voûte les deux orifices postérieurs des cavités nasales (*narines postérieures*); plus en arrière, les deux vastes orifices des *trompes* d'*Eustache;* la *langue*, reposant sur le plancher de labouché : elle est longue et fixée à la mâchoire inférieure par son extrémité antérieure; son extrémité libre est bifide et dirigée du côté du gosier.

b. Agrandissez l'orifice de la bouche en coupant avec des ciseaux les côtés de la cavité buccale; écartez la mâchoire inférieure jusqu'à ce que vous aperceviez la chambre (*pharynx*) située en arrière de la bouche.

c. Sur le plancher du pharynx se trouve une ouverture étroite (la *glotte*). Introduisez par cet orifice une sonde que vous pousserez à travers le larynx et la très courte *trachée* jusque dans les poumons.

d. Enlevez les poumons : ouvrez-en un; c'est une cavité à parois minces dont la surface interne est cloisonnée.

e. Suivez le trajet de l'œsophage jusqu'au pharynx.

C. LA CIRCULATION DU SANG DANS LA MEMBRANE NATATOIRE DE LA GRENOUILLE.

1. Prenez un morceau de carton mince de 12 centimètres de long sur 6 de large; au milieu de l'une de ses extrémités faites une échancrure en forme de V, à peu près de la grandeur d'une membrane natatoire de grenouille étalée, mettez la grenouille sur le carton, le ventre en bas, et fixez-la en passant autour de l'ensemble ainsi formé deux ou trois tours de fil; liez maintenant les doigts de l'une des pattes de derrière au moyen de ces fils, et, en tirant sur eux très légèrement et avec beaucoup de précautions, tendez la membrane sur l'échancrure du carton. L'animal doit être maintenu dans un état d'humidité constante au moyen d'un morceau de papier buvard mouillé étendu sur son dos.

2. Examinez la membrane avec l'objectif n° 1. Notez .

a. Les *cellules pigmentaires* noires de la peau; elles sont parfois irrégulièrement ramifiées, parfois elles ont une forme plus ramassée.

b. Le *réseau serré de vaisseaux sanguins* qui se trouve au-dessous de la couche de cellules pigmentaires.

c. Les *artères;* qui se dirigent en majorité vers le bord libre de la membrane et qui diminuent constamment de grandeur à mesure qu'elles se ramifient; le sang y va des petites ramifications aux plus grandes.

d. Les *capillaires*, par lesquels les ramifications artérielles se terminent; ce sont de petits vaisseaux qui forment un réseau serré et qui se ramifient ou s'anastomosent fréquemment sans que leur diamètre varie beaucoup.

e. Les *veines*, formées par la réunion des derniers capillaires et qui augmentent leur diamètre en se réunissant l'une avec l'autre. Dans ces vaisseaux, le sang va des troncs les plus petits aux plus volumineux.

f. Le cours du sang; la direction du courant est indiquée par des corps solides (*globules*) charriés par le liquide; c'est dans les artères que le cours du sang est le plus rapide, dans les capillaires qu'il est le pluslent. Dans ces derniers vaisseaux il est en même temps plus régulier.

3. Mettez une petite goutte d'eau sur un fragment de lamelle, retournez cette lamelle, la goutte d'eau en bas, et posez-la doucement sur la membrane; maintenant examinez les particularités suivantes avec l'objectif n° 2 ou n° 5. Notez :

a. Les *parois des artères, des capillaires et des veines.*

α. Les parois artérielles, assez épaisses, apparaissent de chaque côté du courant sanguin comme des bandes claires, nettement définies.

β. Les parois des capillaires, plus difficilement perceptibles, apparaissent à l'œil simplement comme des lignes transparentes qui limitent ce courant.

γ. Les parois des veines ressemblent beaucoup à celles des artères.

b. Le *cours du sang dans les petites artères de la membrane.*

α. Il existe un courant rapide au milieu, lequel entraîne la plupart des globules rouges.

β. Et un courant plus lent sur les bords (*couche inerte*), qui entraîne la plupart des globules blancs.

c. Le *cours du sang dans les capillaires:* il est beaucoup plus lent que dans les artères; observez la distorsion fréquente des globules

rouges dans les capillaires par suite de pression... etc.; leur élasticité est indiquée par la facilité avec laquelle ils recouvrent leur forme, quand la cause qui les a contraints à se tordre cesse d'agir; la façon dont les globules blancs rampent le long des parois du capillaire et leur tendance à s'y accrocher.

4. Examinez au microscope une goutte de sang de grenouille (objectif n° 2 ou 5). On obtient assez de sang pour suffire aux exercices d'une classe tout entière en tuant une grenouille et en lui ouvrant le cœur.

Le sang consiste en corpuscules (*globules*) qui flottent dans un liquide (*plasma*).

a. Les globules rouges.

α. *Leur forme :* vus de face ils paraissent ovales, vus de profil ils ont presque l'apparence d'une ligne, renflée il est vrai en son milieu.

β. *Leur volume :* longueur, largeur, épaisseur; mesurez.

γ. *Leur couleur :* jaune pâle si on examine des globules isolés, rouge si ses globules sont agglomérés en une masse.

δ. *Leur structure :* ils sont en grande partie homogènes, mais ils possèdent un noyau central globuleux.

ε. Traitez-les par l'eau, ils se gonflent et se rapprochent de la forme sphérique; ils abandonnent peu à peu leur matière colorante; le noyau apparaît très nettement, et, finalement, le reste du globule disparaît.

ζ. Traitez-les par l'aide acétique dilué; les résultats obtenus sont les mêmes qu'avec l'eau, mais ils le sont avec plus de rapidité.

b. Les globules blancs.

Moins nombreux que les rouges; leur couleur, leur diamètre, leur caractère granuleux, leur noyau, leurs changements de forme (mouvements amiboïdes); voy. III, B.

D. Examen d'un squelette préparé.

Le squelette d'une grenouille peut se préparer pour l'étude de la façon suivante : on enlève du corps tous les viscères et on dissèque grossièrement les muscles... etc. Alors on met ce qui reste dans l'eau et on le laisse macérer environ une semaine, ensuite on débarrasse soigneusement avec une pince les os et les cartilages de toutes les parties molles.

a. Sa disposition générale.

1. L'axe central est constitué par la colonne *vertébrale* ou *spinale* et par les *parties centrales du crâne*, lequel se trouve en avant de la colonne vertébrale sur la même ligne antéro-postérieure.

2. Les parties latérales, supportées, directement ou indirectement, par l'axe.

a. Les appendices proprement dits (*membres* et *ceintures des membres*) :

α. Le *membre antérieur :* la *ceinture de l'épaule* ou *arc pectoral* qui le supporte, et qui ne s'attache point directement à l'axe vertébral; le *membre proprement dit ;* ses principales divisions : *humérus*, *radius* et *cubitus* (ces deux derniers ankylosés), le *carpe* et les *doigts*.

β. Le *membre inférieur :* la *ceinture pelvienne* qui le supporte; elle est portée directement par des apophyses osseuses qui procèdent de la colonne vertébrale. Le *membre lui-même,* ses principales divisions, *fémur*, *tibia*, *peroné* (ankylosé), le *tarse*, les *doigts*.

b. Les os de la face et les os latéraux du crâne.

b. La colonne vertébrale.

Elle est constituée par une portion antérieure segmentée (dont chaque segment est une *vertèbre*) et par une portion postérieure non segmentée (l'*urostyle*).

1. Examinez avec soin une des vertèbres isolée, par exemple la troisième, et dessinez-la sous ses divers aspects.

a. Elle présente une partie ventrale solide, aplatie (*centrum*), avec une surface antérieure concave et une surface postérieure convexe.

b. L'*arc neural :* c'est un arc osseux qui naît des parties latérales de la face dorsale du centre de la vertèbre et qui n'a pas un diamètre antéro-postérieur tout à fait aussi considérable que celui du centre.

α. Les *apophyses transverses :* proéminence osseuse située de chaque côté, qui naît de l'arc et se dirige en dehors et un peu en bas.

β. Les apophyses articulaires (*zygapophyses*) : au nombre de deux paires, une antérieure et une postérieure, qui naissent sur les côtés de l'arc. Les apophyses articulaires antérieures ont leurs surfaces articulaires lisses qui regardent en haut; les postérieures ont les mêmes surfaces regardant en bas.

γ. Les courtes *apophyses* épineuses qui naissent de la face dorsale de l'arc et sont dirigées en arrière.

c. Le *canal neural*, qui se trouve compris entre l'arc et le corps de la vertèbre.

2. Examinez les autres vertèbres.

a. La première vertèbre (*atlas*); le corps se prolonge en avant sous la forme d'une apophyse cunéiforme qui se trouve entre les condyles occipitaux; l'arc est ossifié d'une façon incomplète dans la région correspondante à l'apophyse épineuse, laquelle est rudimentaire; les zygapophyses postérieures seules sont présentes; de grandes facettes concaves antérieures, avec lesquèlles le crâne s'articule reposent en partie sur l'arc et en partie sur le corps.

b. Les seconde, quatrième, cinquième, sixième et septième vertèbres; elles ressemblent de tous points à la troisième, les principales différences se trouvent dans la grandeur variable des apophyses transverses, qui chez toutes sont plus petites que celles de la troisième vertèbre.

c. La huitième vertèbre; la facette concave qui se trouve à chaque extrémité de son corps.

d. La neuvième vertèbre (*sacrum*); son corps, convexe en avant et avec deux tubercules convexes en arrière; ses apophyses transverses volumineuses et fortes (*côtes sacrées*) dirigées un peu en arrière et aplaties à leurs extrémités.

3. La portion postérieure non segmentée de la colonne vertébrale (urostyle).

a. C'est un corps allongé, en forme de bâtonnet, dont la plus grande épaisseur est vers son extrémité antérieure, laquelle porte deux concavités.

b. Son extrémité postérieure : tubuleuse sur un squelette desséché, mais remplie à l'état frais par un cartilage qui se prolonge encore en arrière.

c. La crête proéminente qui règne tout le long de sa face dorsale; elle est plus large et plus élevée en avant; elle devient plus mince et disparaît peu à peu en s'approchant de l'extrémité postérieure.

d. Le petit canal contenu dans la partie antérieure de cette crête.

e. Les deux petits conduits qui, de chaque côté, vont de ce canal à l'extérieur.

4. La colonne vertébrale son dans ensemble.

a. Sa *composition*

α. Sa portion antérieure segmentée, formée de neuf vertèbres.

β. Sa portion postérieure non-segmentée, formée par l'urostyle et presque aussi longue que la portion segmentée.

b. Sa *surface ventrale*,

α. L'axe osseux solide formé par les corps vertébraux en avant et continué en arrière par la partie ventrale arrondie de l'urostyle.

β. Les *apophyses transverses;* leur volume èt leur direction; dans la seconde vertèbre, elles sont plus étroites et dirigées presque directement en dehors; dans la troisième et dans la quatrième, elles sont plus grandes que partout ailleurs et distinctement inclinées en arrière; dans la cinquième, la sixième, la septième et la huitième vertèbres elles sont plus petites qu'ailleurs et dirigées presque vers l'extérieur; dans la neuvième, elles sont très fortes, dirigées vers l'extérieur, en haut et en arrière, et portent les os iliaques attachés à leurs extrémités distales. Dans la deuxième, la troisième et la quatrième vertèbre, les apophyses transverses naissent des arcs plus près du corps vertébral que dans les autres.

γ. Les *trous intervertébraux;* espaces laissés libres entre chaque paire d'arcs neuraux au niveau des zygapophyses.

c. La *face dorsale de la colonne vertébrale.*

α. La crête formée en son milieu par la rangée des apophyses épineuses, et qui se continue en arrière avec la crête dorsale de l'urostyle.

β. Les proéminences latérales formées par les apophyses articulaires : les articulations entre les apophyses articulaires antérieures d'une vertèbre, et les apophyses postérieures correspondantes de la vertèbre précédente.

γ. Les espaces libres qui se trouvent entre la portion dorsale de chaque arc neural et le suivant; entre l'atlas et la seconde vertèbre, ainsi qu'entre la huitième et la neuvième; ces trous sont le plus souvent oblitérés par le rapprochement qui s'effectue entre les arcs de ces vertèbres.

d. Le *canal neural.*

α. Entouré par les corps vertébraux en dessous, et d'une façon moins complète par les arcs neuraux sur les côtés et en-dessus, il se continue en arrière sous forme d'un canal creusé dans la portion antérieure de la crête de l'urostyle.

β. On y peut pénétrer, par les trous intervertébraux (4,*b*, γ.), par les interstices laissés à la face dorsale entre les arcs neuraux (4, *c*, γ) ainsi que les orifices de l'urostyle (3, *e*).

c. Le crâne. — Le crâne osseux préparé de la grenouille est dif-

ficile à comprendre pour deux raisons : d'abord en raison de la dessiccation des cartilages dont à l'état frais il est en partie composé; et ensuite de la tendance qu'ont à s'ankyloser entre eux chez l'adulte plusieurs des os qui le constituent; les points suivants peuvent cependant être observés assez facilement. Il faut dessiner ce crâne sous toutes ses faces.

1. Examen de l'*extrémité postérieure du crâne.*

a. La grande ouverture (*foramen magnum*, *trou occipital*), située sur la ligne médiane, qui donne entrée dans la cavité crânienne.

b. La surface convexe (*condyle occipital*), située de chaque côté du trou occipital, et qui s'articule avec la facette concave correspondante de la face antérieure de l'atlas.

c. Les os qui, de chaque côté, portent chacun un condyle occipital, et forment à eux deux le trou occipital, sont les *exoccipitaux.*

d. L'os épais qui, de chaque côté, se trouve à l'extérieur et en avant de l'occipital et protège la partie antérieure de l'oreille interne; c'est le *prootique.*

e. Entre ces deux os, du côté externe de la chambre qui renferme l'organe de l'audition, *capsule périotique*, se trouve un espace cartilagineux percé d'un orifice ovale, la *fenêtre ovale.* L'extrémité intérieure d'un bâtonnet mi-parti cartilagineux, mi-parti osseux, la *columella auris*, s'y trouve fixée.

f. Attaché à l'extrémité antérieure de l'os prootique, se trouve un os en forme de marteau, le *squamosal*, qui s'étend depuis le prootique jusqu'à l'articulation de la mâchoire inférieure.

2. La *voûte du crâne.*

a. En avant des occipitaux se trouvent deux longs os plats, les *pariéto-frontaux*, un de chaque côté de la suture médiane qui correspond aux sutures sagitale et frontale chez l'homme.

b. En avant de ces derniers viennent deux os triangulaires, les *os nasaux.*

c. En avant des os nasaux se trouvent deux autres os qui appartiennent plutôt à la face ventrale qu'à la face dorsale du crâne. Ils forment l'extrémité antérieure du museau et chacun d'eux envoie une apophyse vers les nasaux; ce sont les os *prémaxillaires.*

3. *La base du crâne.*

a. Longeant la plus grande partie du plancher de la cavité crânienne, du trou occipital aux vomers, se trouve un os qui a la forme

d'une dague pourvue d'un manche court et d'une garde épaisse. Cette dernière s'étend jusqu'au-dessous des prootiques. C'est l'*os parasphénoïde*.

b. A la base du crâne, à l'extrémité antérieure du parasphénoïde, se trouve l'os en ceinture ou *sphénethmoïde* (qui représente plusieurs os réunis); cet os limite en avant la cavité crânienne à sa base et sur les côtés. Il en forme également la voûte, mais là il est recouvert par les extrémités antérieures des pariéto-frontaux. Le sphénethmoïde est creusé en arrière d'une cavité unique, qui contribue à la formation de la cavité encéphalique, et en avant de deux cavités, une pour chaque fosse nasale, séparées par une cloison.

c. L'*os palatin* étroit se trouve de chaque côté, transversalement et à l'extérieur de l'os en ceinture ainsi que de l'extrémité antérieure de l'aile du parasphénoïde.

d. En avant de l'extrémité de l'aile du parasphénoïde et des os palatins se trouvent deux os larges, de forme irrégulière, portant chacun à leur partie postérieure une rangée de dents; ce sont les *vomers*.

e. La limite antérieure moyenne du contour du crâne, vu de ce côté, est fermée par les portions dentifères des pré-maxillaires; et, en arrière d'eux, par les os *maxillaire* et *quadrato-jugal* (4, *a*, *b*). Se dirigeant en arrière à partir de l'extrémité extérieure du palatin, et appliqué contre le maxillaire, nous trouvons un os, qui se sépare bientôt du maxillaire, et qui, devenant large et épais, se bifurque; de ces deux branches, l'interne s'articule étroitement avec le parasphénoïde et se trouve articulée d'une façon mobile avec le crâne; la branche externe longe la face interne d'un cartilage (le *suspensorium*) à la face externe duquel se trouve le squamosal : c'est l'*os pterygoïde*.

Au bord externe de chaque vomer, immédiatement au devant du palatin, est un orifice qui donne entrée dans la cavité nasale. Ces deux orifices sont les *narines postérieures*.

4. *Le crâne vu de côté.*

a. Un os long part de cette partie du pré-maxillaire qui limite l'orifice buccal et se dirige en arrière en formant presque tout le reste du bord supérieur de cette cavité; c'est le *maxillaire*.

b. Un petit os s'articule en avant avec l'extrémité postérieure du maxillaire et en arrière avec la portion distale du squamosal. C'est le *quadrato-jugal*.

c. La mâchoire inférieure ou *mandibule* consiste en deux portions distinctes qui se réunissent en avant sur la ligne médiane, et qui, en

arrière, s'articulent avec les extrémités des cartilages suspensoriaux.

A l'extrémité articulaire de chaque cartilage suspensorial se trouve une ossification qui représente l'os carré des autres vertébrés, et qui par sa réunion au jugal, forme le quadrato-jugal.

Dans chaque *branche* on peut observer trois pièces :

α. Un axe ventral formé par un cartilage (*cartilage de Meckel*) qui s'élargit à son extrémité postérieure pour s'articuler avec le cartilage suspensorial, tandis qu'à son extrémité opposée ou symphyse il s'ossifie pour former l'os *mento-Meckélien*.

β. Une pièce postérieure et inférieure qui va en avant presque jusque sur la ligne médiane (*angulo-splenial*) et engaîne en partie le précédent.

γ. Une petite pièce antérieure et supérieure (*os dentaire*).

d. L'os ou cartilage hyoïde.

α. Large, presque tétragonal au centre (*corps de l'os hyoïde*), il porte plusieurs apophyses, savoir :

β. Les *cornes antérieures* qui partent en avant de chaque côté du corps de l'os; chacune d'elles consiste en un long cartilage courbe qui se dirige d'abord en avant, puis en arrière et vers l'extérieur, et finalement en avant et en haut pour s'attacher à la capsule périotique au-dessous de la fenêtre ovale.

γ. Les *cornes postérieures* ou *thyro-hyoïdes;* osseuses, plus courtes, et plus épaisses que les cornes antérieures : elles s'insèrent sur le bord postérieur du corps de l'os près de la ligne médiane et divergent en arrière.

δ. Les deux paires de petites apophyses formées par l'élongation des angles antérieur et postérieur du corps de l'hyoïde.

e. Le sternum et la ceinture scapulaire.

1. *Leur disposition générale :* ils forment une ceinture incomplète à la partie antérieure du tronc; cette ceinture est en partie composée d'os, en partie de cartilage. Notez la cavité (*cavité glénoïde*) avec laquelle s'articule le membre antérieur.

a. Le *sternum :* il est situé sur la ligne médiane ventrale et composé de plusieurs parties, qui sont en allant d'arrière en avant.

α. Le *xiphisternum*, cartilage mince, large enarrière, étroit en avant, où il se continue par :

β. Un cartilage médian engaîné par de l'os, le *sternum proprement dit*. L'extrémité antérieure du sternum s'unit avec les angles posté-

rieurs et internes des coracoïdes, dont les bords internes, qui se rejoignent sur la ligne médiane, séparent le sternum de

γ. L'*omosternum*, constitué par un os étroit aplati, terminé en avant par un cartilage aplati. L'extrémité postérieure s'articule avec les pré-coracoïdes et les clavicules.

b. La *ceinture scapulaire*, en commençant par la face dorsale; elle présente de chaque côté :

α. Une portion dorsale, étalée, mince, en partie cartilagineuse, en partie osseuse, le *supra-scapulaire*.

β. Tout près, un segment osseux, le *scapulum*, dont le bord postérieur et inférieur est excavé par la *cavité glénoïde*.

Des parties ventrales de la ceinture scapulaire qui se trouvent entre les deux scapulums se réunissent sur la ligne médiane. De chaque côté, cette partie est divisée par un large trou en une portion antérieure et une portion postérieure.

γ. La pièce osseuse qui va en arrière du trou, depuis le scapulum presque jusqu'à la ligne médiane, est le *coracoïde*. Le coracoïde, en s'unissant avec le scapulum, contribue à la formation de la cavité glénoïde.

δ. Les bords adjacents des deux coracoïdes sont eux-mêmes bordés de cartilages (*épicoracoïdes*), lesquels se continuent en avant du trou avec une barre de cartilage (*précoracoïde*). A l'extérieur le dernier se continue avec le cartilage situé entre le scapulum et le coracoïde et qui contribue lui-même à former la cavité glénoïde.

ε. Etroitement attaché à la portion antérieure du pré-coracoïde se trouve un os, la *clavicule*, dont l'extrémité externe s'articule avec le coracoïde et le scapulum et l'extrémité interne avec l'omosternum.

Dessinez soigneusement l'arc pectoral tout entier, en ombrant d'une façon différente l'os et le cartilage.

f. Les os du membre antérieur.

a. L'os du bras (*humérus*).

α. C'est un os presque cylindrique avec une tête articulaire à chaque extrémité et un corps qui les unit.

β. Une grande crête (*crête deltoïdienne*), à laquelle s'insère un muscle, parcourt sa surface antéro-interne.

Cette crête est plus développée chez les mâlesque chez les femelles.

b. L'*os de l'avant-bras*.

α. En avant, il présente une échancrure qui reçoit l'extrémité interne de l'humérus.

β. Plus bas il montre une tendance à se séparer en les deux os dont

il est formé, savoir le *radius* et le *cubitus*. Quand le membre est tendu à angle droit avec le corps, et le pouce en avant, le radius est en avant et le cubitus en arrière de l'axe du membre.

c. Le *carpe*. Deux os (*a*,*b*) s'articulent avec le radius ankylosé et le cubitus. Un troisième os (*c*) du côté radial s'articule seulement avec les os du carpe qui sont à ses côtés proximal et distal. Un grand os (*d*) occupe les deux tiers du côté ulnaire du carpe et s'articule avec *a*, *b* et *c* d'un côté et avec le 3ᵉ, 4ᵉ, et 5ᵉ métacarpiens de l'autre. Deux petits osselets s'articulent avec la face distale de *c* et portent le premier et le second métacarpiens.

d. Les *doigts*.

Au nombre de cinq. Le premier (le seul radial) est toutefois rudimentaire. En commençant par le côté cubital, nous trouvons :

α. Le 5ᵉ doigt (situé du côté externe ou cubital du membre); il présente un os proximal cylindrique (*métacarpien*) suivi de trois autres (*phalanges*) dont chacun est plus court que celui qui le précède.

β. Le quatrième doigt : un os métacarpien et trois phalanges.

γ. Le troisième doigt : un os métacarpien et deux phalanges.

δ. Le second doigt : un os métacarpien et deux phalanges.

ε. Le premier doigt (*pouce*) ne consiste qu'en un petit os métacarpien.

g. La ceinture pelvienne.

a. Sa forme générale : elle ressemble à un V dont le sommet serait tourné en arrière.

b. La *cavité cotyloïde* (*acetabulum*) qui se trouve de chaque côté et à laquelle s'articule l'os de la cuisse.

c. La fente triradiée qui passe à travers l'acétabulum et qui divise chaque moitié du bassin en trois pièces, savoir :

α. Une pièce antérieure allongée (*ilium*), subcylindrique en avant, où elle s'articule avec le sacrum; elle porte en arrière, sur sa face dorsale, une crête osseuse comprimée latéralement (*crista ilii*); elle forme presque la moitié de l'acetabulum.

β. Une pièce postérieure, irrégulièrement arrondie (*ischium*), étroitement unie en arrière sur la ligne médiane avec une pièce analogue.

γ. Une petite pièce triangulaire (*os pubis*) (sauf chez les vieilles grenouilles, ce n'est que du cartilage calcifié); elle est enfoncée comme un coin entre l'ilium et l'ischium et s'unit avec son congénère sur la ligne médiane pour former la symphyse du pubis.

h. Les os du membre inférieur.

a. L'*os de la cuisse* (*fémur*); son corps allongé, cylindrique et ses têtes articulaires.

b. L'*os de la jambe* (*os cruris*).

α. C'est un os très allongé, cylindrique, renflé à chaque extrémité.

β. Les sillons qu'il porte; l'un d'eux longe toute sa surface ventrale, mais est plus marqué à l'extrémité; d'autres sillonnent sa surface dorsale, l'un à l'extrémité supérieure, l'autre à l'extrémité inférieure; ils indiquent que l'os de la jambe se compose en réalité de deux os réunis, le *péroné* et le *tibia*. Quand le membre est étendu à angle droit avec le corps le tibia est en avant et correspond au radius; et le péroné, en arrière, correspond au cubitus.

c. Le *tarse*.

α. Ce sont deux os allongés (séparés sur la ligne médiane, mais réunis par la confluence de leurs extrémités cartilagineuses) qui s'articulent avec le tibia et le péroné ankylosés; de ces os, l'antérieur ou tibial est l'*astragale*, le postérieur ou péronéal, le *calcanéum*.

β. Deux cartilages partiellement ossifiés s'articulent avec les extrémités distales de ces deux os; l'un du côté du calcanéum, l'autre du côté de l'astragale. Ce dernier est uni par des fibres ligamentaires, contenant un nodule de cartilage avec lepremier et le second métatarsiens, et supporte l'*éperon* (*d*. ζ).

d. Les *doigts*. Ils sont au nombre de cinq; l'interne est le plus court, le quatrième le plus long. Ils se composent :

α. Le premier ou *pouce* (le plus interne), d'un *os métatarsien* suivi de deux *phalanges*.

β. Le second a la même composition que α, mais est plus long.

γ. Le troisième, d'un os métatarsien avec trois phalanges.

δ. Le quatrième, d'un os métatarsien avec quatre phalanges.

ε. Le cinquième est semblable au troisième, mais plus court.

ζ. Sur le bord antérieur ou tibial du pied, il se trouve deux petits osselets, plus ou moins cartilagineux, articulés avec le tarse (*c*. β), de telle façon qu'ils donnent l'apparence d'un os surnuméraire. Cet *éperon* supporte la proéminence cornée dont il a été parlé plus haut.

(*A suivre*.)

DES ANCÊTRES PRIMITIFS DES VÉGÉTAUX ACTUELS

ET DE LEUR RAPPORT AVEC LA DOCTRINE DE L'ÉVOLUTION

Par C.-W. WILLIAMSON.

I

Le but que nous nous proposons est d'examiner chacun des principaux types de végétation qui se rencontrent dans les plus anciennes roches fossilifères, de décrire les formes de transition que l'on trouve dans les nouvelles roches, de relier les formes anciennes avec celles qui vivent aujourd'hui, et enfin de montrer comment les résultats auxquels nous sommes arrivés viennent étayer la théorie darwinienne de l'évolution.

Le premier fait évident est que presque toutes les plantes à fleurs (Angiospermes) appartiennent à une époque géologique moderne, n'ont pas de véritables représentants primitifs et ne présentent aucune relation avec eux. Les types les plus élevés des végétaux que l'on trouve dans les roches anciennes (palæozoïques) appartiennent au groupe des Gymnospermes, c'est-à-dire aux Conifères et aux Cycadées. Ils indiquent, autant que nous pouvons le savoir, la forme la plus avancée sous laquelle s'est développée la végétation à l'époque crétacée, à l'exception toutefois d'un petit nombre de Monocotylédones douteuses des terrains triasique et oolithique. Leur ordre général d'apparition est, il nous semble, conforme aux exigences du darwinisme, puisque les Gymnospermes, ainsi que les anciennes Cryptogames, occupent sans aucun doute une position intermédiaire entre ces dernières et les Monocotylédones, qui par contre forment un groupe moins développé que le groupe des Dicotylédones qui apparaissent à une époque encore plus récente. Cette parenté des Gymnospermes avec les Cryptogames inférieures d'un côté, et de l'autre avec les Phanérogames, plus élevées en organisation, est démontrée par l'organisation de leurs organes de reproduction. En outre, les sacs polliniques des Conifères les plus inférieures et des Cycadées sont beaucoup plus petits que les sporanges de certaines Cryptogames, et les grains polliniques que renferment les premières correspondent aux microspores des dernières. De même, les fleurs de quelques Conifères sont réduites à des éléments si simples, c'est-

à-dire à un ovule unique, que chacune d'elles est beaucoup plus petite que l'une des microspores chez les autres. Nous appellerons l'attention dans les conclusions de ce travail sur ces relations particulières.

Particulièrement pour les Conifères, nous pensons que beaucoup de genres aujourd'hui vivants, *Pinus*, *Abies*, *Larix*, *Cedrus* et les nombreuses espèces voisines, ont fait leur apparition à une date récente de l'histoire du globe, c'est-à-dire en même temps que les exogènes à fleurs. Lorsque nous descendons vers les strates plus anciennes, nous voyons différents types prédominer. Par la structure microscopique de leur tissu ligneux, les plus anciennes Conifères se rapprochent des Araucaria semi-tropicaux de l'hémisphère sud beaucoup plus étroitement que leurs formes plus récentes et plus septentrionales.

Mais, outre le type général Araucaria, nous pouvons en remontant retrouver d'autres formes spéciales. Une des plus remarquables d'entre elles est le *Salisburia*, ou *Gingko* de Chine et du Japon, dont les feuilles ressemblent à la feuille d'une fougère Capillaire beaucoup plus qu'à celles des autres Conifères. Les véritables Salisburia végétaient à l'époque tertiaire, non seulement en Europe et dans l'Amérique du Nord, mais encore au Groënland.

Les roches oolitiques de la Sibérie nous fournissent un Gingko bien caractérisé, et la découverte de fruits spéciaux a montré que les *Baieria*, si répandus dans le terrain oolitique et regardés pendant longtemps comme des fougères du genre *Cyclopteris*, sont en réalité des *Salisburia*; on a trouvé des types semblables dans le terrain permien d'Amérique. Dans les roches carbonifères et dévoniennes de la Grande-Bretagne et de l'Amérique abondent de nombreuses tiges et branches du remarquable genre *Dadoxylon*. Les recherches récentes ont rendu vraisemblable que celui-ci, probablement le plus ancien gymnosperme, présente un aspect organique qui le relie aux Gingkos, et qu'il est la tige ancestrale dont ceux-ci sont descendus.

Quant au grand groupe des Abiétinées, il est intéressant de trouver un véritable Cèdre dans les roches crétacées, ainsi qu'un *Sequoia*, se rapprochant beaucoup des *Wellingtonia*, les grands arbres de la Californie. Dans le terrain oolithique, nous trouvons un groupe considérable de Conifères, représentant les véritables formes des Araucaria et des Cyprès. Dans le lias, qui forme la base de l'oolithique, nous trouvons encore des plantes beaucoup plus généralisées, dans lesquelles les cônes ressemblent à ceux des types modernes associés avec le feuillage d'autres types. En descendant successivement vers

le keuper, le triasique et le permien, nous rencontrons une succession de types encore plus généralisés, nous conduisant encore plus loin vers les plantes actuelles. Chez quelques-uns d'entre eux, les cônes compacts du dernier deviennent beaucoup plus allongés et lâches au point que quelques-uns ressemblent à des branches revêtues d'un feuillage ligneux beaucoup plus qu'à de véritables cônes. Au-dessous du permien, les Conifères sont seulement représentées par les *Dadoxylon*, dont nous avons parlé.

L'autre grande division des Gymnospermes, les *Cycadées*, présente une histoire analogue, quant à la tige et au feuillage. Le type moderne *Gamia* abonde non seulement dans les roches tertiaires, crétacées et oolithiques, mais nous le trouvons encore dans le permien. Comme on le sait, la période oolithique a été appelée période des Gymnospermes, et par suite les Conifères particulières et les Cycadées de cette période ont constitué sans aucun doute la végétation forestière dominante.

Dans les terrains carbonifères, les types oolithiques ont tout à fait disparu et ont été remplacés par le groupe remarquable dont le genre *Cardoïte* est le type. Les inflorescences mâle et femelle de ces plantes ont été trouvées dans un état de conservation remarquable, à Saint-Etienne, en France, et, bien que par leur structure elles diffèrent évidemment de celles des Cycadées vivantes il ne s'en suit pas qu'on doive rejeter l'idée que quelques-unes d'entre elles sont la souche ancestrale dont sont sortis les types oolithiques et par eux les formes vivantes. Le fait que les graines de nombreux genres et espèces de cycadéee ont été trouvées en grande quantité en Europe et dans l'Amérique du Nord indique bien que ces plantes avaient une part importante dans la flore et le paysage carbonifères. Quoiqu'autrefois les Cycadées aient été très abondantes dans l'hémisphère nord, et même dans le cercle arctique, elles ont aujourd'hui entièrement abandonné cet hémisphère, et on les trouve seulement au sud de l'équateur, où elles s'étendent dans une zone presque ininterrompue sur la frontière extérieure des régions tropicales de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, à travers l'Afrique et vers le Centre-Amérique.

II

Les Lycopodes vivantes sont divisées en deux groupes, les Lycopodes et les Sélaginelles caractérisés par leurs spores. Le premier

groupe présente une seule forme de spores, desquelles se développe un *prothalle* qui sert de support à deux séries d'organes qui correspondent aux grains polliniques et aux ovules des plantes à fleurs. C'est la forme que l'on rencontre principalement dans les régions chaudes et tempérées.

Le second groupe présente deux formes de spores, c'est-à-dire les microspores correspondant aux grains polliniques, et les macrospores correspondant aux ovules des plantes plus élevées en organisation. Le groupe des Selaginelles abonde surtout dans les régions tropicales et chaudes. Les deux groupes présentent virtuellement la même structure et ne diffèrent que par les spores. La tige, dont les branches sont dichotomiques, consiste en une masse de tissu cellulaire dans le centre duquel se trouve soit un simple faisceau de vaisseaux, soit des faisceaux de vaisseaux analogues disposés d'un côté et de l'autre. Dans les deux cas, les faisceaux constituent un axe vasculaire enfermé dans une véritable écorce. En comparant la structure de l'une de ces macrospores de Selaginelle avec celle d'une graine de Conifère, nous découvrons plusieurs rapports définis, dans lesquels ils s'accordent assez étroitement pour rendre la transition de l'une à l'autre peu difficile à accomplir par la nature. Les formes récentes sont toutes de petite taille et grimpantes. Quoiqu'elles soient très abondantes et largement répandues sur le globe à l'époque actuelle, il est singulier qu'elles soient réellement rares dans les étages fossilifères. Une forme de petite dimension a été trouvée dans les terres arctiques de l'âge tertiaire, et une ou deux, que nous avons lieu de croire appartenir au même type, ont été rencontrées avec elle dans les terrains oolithique de Yorkshire. Les plus beaux exemplaires ont été découverts dans les roches de la période carbonifère, dans les houillères de la frontière franco-allemande, près de Saarbruck, ce qui démontre que leur rareté dans l'oolithe et les terrains encore plus récents ne provenait pas de ce qu'ils n'existaient pas alors, mais de ce qu'ils n'ont pas été conservés, puisque l'on peut à peine douter que les types carbonifères ont été reliés avec les types actuels par une ligne continue de descendants. Quand on arrive aux roches permiennes en suivant l'ordre descendant, on trouve tout d'abord quelques genres arborescents magnifiques, caractéristiques des âges paléozoïques et qui certainement ont atteint leur plus grand développement dans la période carbonifère. A cette époque, ils formaient de vastes forêts riches en arbres de cinquante à cent pieds de haut, avec une tige d'une grosseur correspondant à la masse de feuillage qu'elle avait à supporter. Quoiqu'il y ait plusieurs genres de

ces Lycopodes arborescentes ils peuvent se résumer en deux, les *Lepidodendron* et les *Sigillaria.*

Les Lepidodendrons ont une tige couverte de grandes cicatrices de feuilles qui indiquent les premières positions des feuilles sur les jeunes branches, mais qui ont été considérablement agrandies par la croissance de la tige et des branches. Ces cicatrices sont disposées en lignes diagonales qui tournent également à droite et à gauche de la tige. Les feuilles, qui sont plus ou moins allongées et étroitement linéaires, adhèrent longuement aux branches. Ces dernières montrent invariablement les subdivisions dichotomiques si caractéristiques des petites espèces actuelles. Quant à leur organisation interne, combien ces tiges et ces branches des formes fossiles diffèrent de celles des formes récentes! Les plus jeunes rameaux des premières se rapprochent étroitement par leur structure de celle des tiges des dernières. Elles possèdent un simple petit faisceau de vaisseaux renfermés dans une écorce épaisse. Mais bientôt, quand sous l'influence de l'accroissment, ce faisceau se développe en un cercle de vaisseaux entourant une petite moelle cellulaire et divisant la tige en une moelle, une zone vasculaire qui envoie des branches dans les feuilles, et une écorce épaisse, à l'extérieur de laquelle sónt attachées les feuilles par un pulvinus ou base épaissie. Comme la tige et les branches s'accroissent, le cercle vasculaire augmente tout à la fois sa largeur et le nombre des vaisseaux qui le composent. La moelle croît en même temps et dans le même rapport. Mais à une certaine époque qui arrive plus ou moins tard suivant les espèces, une construction différente s'ajoute dans les tiges et les branches. Les vaisseaux du cercle sont groupés irrégulièrement et dans un ordre non défini. Par le processus d'accroissement connu sous le nom d'*exogène,* un nouveau cylindre vasculaire vient s'ajouter à celui qui existait déjà. Les vaisseaux sont alors arrangés en lignes régulières radiées, séparées par des rayons médullaires, cellulaires, et ces additions semblent se faire sur le côté extérieur des lames radiantes aussi longtemps que dure la vie de la plante. Ce nouveau cylindre diffère un peu sous quelques rapports essentiels de ceux qui sont produits dans les chênes et les ormes de notre époque.

Les observateurs français qui ont suivi Brongniart regardent la croissance de ce second cylindre comme un aspect caractéristique d'une plante voisine de Sigillaria. Cette opinion est contredite par les faits innombrables découverts en Angleterre. La seule différence réelle entre le Lépiododendron et le Sigillaria paraît être dans l'extérieur de l'écorce. Dans le premier, comme nous l'avons vu, les feuilles sont

disposées sur les branches en lignes spirales diagonales. Dans les Sigillaria, elles sont en lignes verticales. Toutes les autres différences que l'on a supposées sont dues à l'âge. Les Sigillaria, comme les Lépidodendron, sont des Lycopodiacées arborescentes.

Ces deux genres ont la même racine. On l'attribuait à une plante distincte connue sous le nom de *Stigmaria Ficoides*. Ces racines sont, comme les tiges, de dimensions énormes. De même que les branches aériennes, elles se ramifient par dichotomie et sont terminées par de grandes radicules cylindriques dont l'organisation indique clairement leur caractère de Lycopodiacée. La fructification de ces arbres est connue sous le nom de *lépidostrobe;* ce sont simplement des branches modifiées, à demi avortées; à la base de chacune des feuilles s'est développée une petite capsule (sporange) remplie de spores. Il est possible que quelques Lépidostrobes, comme les Lycopodes, n'aient qu'un seul genre de spores; mais le plus grand nombre est certainement *hétérospore*, c'est-à-dire présente, comme les Selaginelles, des microspores et des macrospores. La grandeur et l'aspect de ces deux genres de spores, malgré les différences de taille de leurs plantes mères, sont absolument identiques dans les fossiles primitifs et dans les plantes actuelles. Les branches spéciales qui portent les fruits ont été longtemps connues sous le nom de *halonia*, et on leur a attribué différentes fonctions. Il est certain maintenant que ce sont des fruits, les branches extrêmes de quelques Lépidodendrons et probablement de Sigillaria. D'un autre côté, les tiges connues sous le nom d'*Ulodendron* sont simplement ces branches d'où sont tombés les Lépidostrobes, laissant imprimées sur la surface de l'écorce des cicatrices annulaires correspondant à la base des fruits tombés, mais qui, de même que les excroissances que l'on trouve sur l'écorce de certains ormes, ont poussé en même temps que la tige sur laquelle elles ont laissé leurs empreintes. Qu'un grand nombre de ces organes ressemblant à des cones aient dans leur chute répandu une grande quantité de micro et de macrospores, c'est ce que prouve leur grand nombre qui augmente le volume et perfectionne les qualités du charbon à la formation duquel elles contribuent pour une grande part.

Les plantes que nous avons décrites réapparaissent dans les vieilles roches dévoniennes; mais ici elles sont associées à des formes encore plus anormales et archaïques, particulièrement avec le genre bien tranché de *Psilophyton,* si abondant dans le terrain dévonien du Canada. Ce paraît être un Lycopodendron, bien que fort éloigné des types vivants. Il est de la dernière évidence que quelques-uns de ces



types paléozoïques ont vécu à l'âge du silurien supérieur. Les fragments qui ont été trouvés viennent à l'appui de cette opinion.

III

Les Équisétacées vivantes constituent un groupe parfaitement distinct, dont les membres ne montrent que de légères variations du type connu, soit d'aspect, soit d'organisation. Les espèces anglaises varient en hauteur de 1 à 5 ou 6 pieds. Mais quelques espèces américaines peuvent atteindre 20 pieds de hauteur; alors même, elles atteignent rarement un pouce en diamètre. Les caractères extérieurs les plus visibles de cet ordre résident dans les feuilles. Elles poussent à un nœud de la tige ou de la branche en verticilles dans chacun desquels les bases des feuilles sont réunies dans la moitié de leur longueur en une gaine cylindrique. Dans plusieurs espèces, les branches sortent de ces nœuds. Quant à leur organisation interne, nous trouvons que, dans la tige des Equisétacées, l'élément vasculaire est réduit à une condition plus infime que dans tous les autres Cryptogames vasculaires. La moelle est généralement vide au centre, tandis qu'à la périphérie elle est perforée par un rang de canaux verticaux, qui se divisent à chaque nœud, de telle façon que ceux de chaque internœud sont verticalement intermédiaires avec ceux des nœuds respectifs situés au-dessus et au-dessous. Cette alternance dans la position de ces canaux internodaux est importante, parce qu'on la voit paraître dans les formes fossiles les plus anciennes. Immédiatement en dehors de chaque canal, nous trouvons un très petit nombre de vaisseaux scolariformes les seuls représentants de la zone vasculaire développée des végétaux plus élevés. Dans les formes anglaises, on trouve généralement un ou deux de ces faisceaux à chacun des angles extérieurs du canal. Dans certaines formes américaines, ces faisceaux vasculaires sont un peu plus développés, mais toujours insignifiants. Extérieurement à ce rang de faisceaux vasculaires se trouve une écorce épaisse, enfermée dans une couche d'épiderme plus ou moins silicifié.

Les organes reproducteurs des Équisétacées caractérisent nettement cet ordre. Les spores sont souvent placées à l'extrémité de chacune des tiges sans distinction. Dans quelques espèces seulement, elles se trouvent sur des branches spéciales. En tout cas, le fruit est un stro-

bile ou cône, dans lequel les différents verticilles de feuilles sont modifiés d'une façon particulière. Chaque feuille de chaque verticille se dresse à angle droit de la tige centrale ou axe, et se termine en une expansion aplatie en forme d'écusson; de la marge de sa surface intérieure part un rang plus intérieur encore de sacs cellulaires ou *sporanges*. Chacun de ces sacs est rempli de petites spores de forme distincte. Chaque spore présente quatre prolongements radiés avec les extrémités en forme de massue. Lorsqu'elles ne sont pas mûres, ces prolongements embrassent étroitement la spore centrale. Lorsqu'elles sont mûres, ils se déroulent, et alors, occupant plus d'espace, ils brisent les cloisons du *sporange* et s'échappent; chaque spore qui germe développe un petit *prothalle* divisé. Les prothalles sont généralement dioïques. Les plus petits portent les *anthéridies* ou organes mâles, représentant les sacs polliniques, et les plus grands portent les *Archégones* ou organes femelles. Un petit nombre sont monoïques, portant sur le même prothalle les archégones et les anthéridies. Les prothalles donnent naissance à de jeunes *spongonies* ou organes de bourgeonnement et se dessèchent ensuite. Le spongonium donne, par son développement, naissance à la plante sporigène l'Equisetum.

Ce type moderne d'Equisetum paraît avoir existé à une période éloignée de l'histoire du globe et se retrouver dans les formes peu modifiées du terrain tertiaire, les strates crétacées, oolithiques et triasiques. Dans ces dernières, elles ont atteint des dimensions beaucoup plus gigantesques que celles des formes vivantes, sous le rapport de la hauteur et du diamètre. En nous élevant dans les couches carbonifères, nous trouvons les vraies Équisetum, qui sont aujourd'hui représentés par les plus grandes formes connues, Calamites; mais dans les couches rhétiques et triasiques, à la base de la couche oolithique du permien et du carbonifère, nous trouvons un genre *Schizoneura*, intermédiaire sous quelques rapports entre les Equisetum et les Calamites. A l'état jeune, il présente les verticilles réunis doubles des feuilles des Equisetum. Mais, dans un âge plus avancé, chaque gaine verticillée est renversée longitudinalement entre deux ou plusieurs feuilles libres, rapprochant les verticilles des feuilles libres, dépourvues de graines : ce sont les caractères du feuillage des Calamites. Ce dernier genre revêt la forme arborescente dans sa croissance et son organisation. Nous connaissons fort bien aujourd'hui la structure aussi bien de ses plus petites branches que de ses tiges, d'une grandeur plus considérable. Il est certain que parfois les calamites excédaient 30 pieds en hauteur, et que certains spécimens pouvaient avoir, quand ils vivaient, de 2 à 3 pieds de diamètre. Les jeunes branches

ont une structure purement cellulaire; mais une série de canaux verticaux, semblables à ceux des Equisetum, court de nœud en nœud. Presque simultanément avec leur formation, les coins ligneux commencent à se développer, extérieurement à chacun de ces canaux, et la moelle cellulaire devient fistuleuse ou vide, excepté au nœud. Outre cette couche cellulaire on trouve une écorce uniforme.

Dans cet état précoce de croissance, le Calamite semble avoir eu des verticilles réguliers de petites branches sorties d'au moins plusieurs de ses nœuds les plus élevés, branches qui présentaient des verticilles de feuilles plus ou moins linéaires et libres. Mais il subit rapidement des changements subséquents. Immédiatement en dehors de la zone vasculaire se trouve une couche cambiale, qui ajoute une succession d'éléments exogènes à cette zone, laquelle prend alors des dimensions considérables. Une seconde zone, beaucoup plus extérieure, capable de former de nouveaux éléments, existe près de la partie extérieure de l'écorce et développe une couche dense de prosenchyme se rapprochant beaucoup du *liber* des écorces modernes. Les Calamites ordinaires que l'on trouve dans les grès sont généralement imprégnés de matières inorganiques dans la cavité centrale de la moelle et peuvent toujours être reconnus par les constrictions traversales aux nœuds. Ces constrictions n'existaient pas même à l'extérieur de la zone vasculaire, encore moins en dehors de l'écorce. Les spécimens que l'on trouve dans les *strates* présentent des empreintes semblables de la moelle, revêtues d'une couche mince de charbon, qui est le seul et insignifiant résidu des tissus épais de la moelle, du bois et de l'écorce qui ont presque entièrement disparu. D'un autre côté, beaucoup de branches verticillées ont été arrêtées dans leur croissance, celles qui ont subi un développement permanent ayant un arrangement non symétrique qui donne à la tige complètement développée un aspect tout différent de celui des jeunes excroissances.

Quelques plantes à feuilles verticillées ont été confondues sous les noms d'*Asterophyllites*, *Annularia*, *Sphenophyllum*. Il est certain que quelques-unes sont des branches feuillues de Calamites. De même, quelques-unes d'entre elles n'en sont pas, comme le prouvent les particularités de leur organisation interne. Nous ne savons pas encore distinguer les vraies feuilles de Calamites de celles qui n'en sont pas, quand il s'agit de ces spécimens peu développés dont la forme extérieure seule est conservée. C'est précisément le cas pour les fruits de Calamites.

Nous possédons un grand nombre de Strobiles sous les noms de *Wolkmannia*, *Bruckmannia*, *Calamostachys* et autres, chacun d'eux

présentant quelques caractères communs avec les Equisetum vivants, et de chacune de ces formes ces Equisetum peuvent avoir dérivé l'une ou l'autre de leurs particularités. Mais cette partie du sujet demande de nouvelles recherches avant d'être complètement connue. Deux formes sont certaines. L'une, celle des plantes équisétiformes les plus anciennes, n'a pas les organes accessoires des spores qui correspondent aux Elatéres en forme de massue des Equisetums vivants. L'autre présente quelques-uns de ceux des Hétérospores, c'est-à-dire possède les deux spores mâle et femelle, analogues à celles des Lycopodes et autres cryptogames, ce qui n'est pas le cas chez les Equisetum vivants connus. Ces derniers sont les représentants dégradés de la race magnifique des arbres forestiers qui croissaient dans la période carbonifère.

IV

L'alternance des générations sexuelles et sporigènes que nous avons notée chez les Equisetum atteint probablement son plus haut degré, aussi loin qu'on peut regarder les Cryptogames, chez les Fougères. Et même les conditions prothalloïdes ou sexuelles sont variables chez les Fougères. Chez les ***Hyménophyllées***, ou Fougères membraneuses, leur développement ne dépasse guère celui du Protonema des Mousses. Mais dans beaucoup d'autres Fougères, ou dans les Polypodiacées, le prothalle prend une structure thalloïde en forme de cœur, rappelant moins celle des Mousses que la forme dioïque des Equisétacées. Un autre aspect caractéristique du prothalle des Fougères est sa nature uniformément dioïque, aussi bien que sa forme obcordée. Ces deux aspects qui caractérisent cet organisme le rendent d'un moins grande valeur pour la distinction des genres et des espèces. La classification des Fougères actuelles repose surtout sur les variations dans la structure et l'arrangement de leurs organes sporifères, Les spores sont enfermées dans un *sporange* ou petite capsule cellulaire. Dans un grand nombre de cas, ces sporanges sont plus ou moins entourés par une série linéaire de larges cellules angulieuses bulorsqu'elles mûrissent, deviennent élastiques et sont assez fortes pour déchirer, ouvrir le sporange et mettre les spores en liberté. Les variations de forme et de condition de cet anneau caractérisent les groupes principaux. Il manque dans les ***Marattiées;*** il est borné à un petit amas localisé de cellules dans les ***Osmondées***, et, comme il est

beaucoup plus complet dans tous les autres types, les particularités de sa position servent à les distinguer l'un de l'autre. De même, le nombre et la position de ces sporanges sur la fronde varient. Appliqués sur la face inférieure de la fronde, ces sporanges sont plus ou moins isolés dans *Moria* et les divers *Lygodia;* mais ils sont rassemblés en amas appelés *sores* dans les autres tribus. Les genres sont caractérisés par la forme et la position de ces sores sur la fronde.

Les plantes fossiles dont les sores ont été conservées sont très rares, et par suite les paléo-botanistes ne peuvent s'en servir pour classer les Fougères fossiles. La méthode de Brongniart, qui se sert de l'arrangement des nervures des feuilles pour grouper les genres, a été adoptée nécessairement par les plus récents observateurs; mais elle est extrêmement défectueuse. Le nombre connu d'échantillons ayant conservé leurs sores a beaucoup augmenté, et leur découverte a montré que la méthode de Brongniart a réuni des plantes qui diffèrent entre elles et a séparé d'autres qui montrent une parenté étroite. Par suite, la classification des Fougères fossiles est aujourd'hui et doit être pour un temps encore assez long, dans un état peu satisfaisant.

Quand on veut étudier comment les Fougères fossiles se rapportent à la théorie de l'évolution, il est important de s'assurer quels sont ceux des nombreux types vivants des Fougères qui doivent être regardés comme les groupes les plus élevés et les plus inférieurs. Pour cette détermination, il faut beaucoup plus s'en rapporter à leur organisation générale qu'à leurs organes spéciaux. Sous ce rapport, les délicates Hyménophyllées semblent occuper le rang le plus inférieur et se placer près des Mousses. Comme chez ces dernières, leurs feuilles consistent en une simple couche de cellules qui correspond au mésophylle plus épais des autres formes, qui présentent une couche épidermique inférieure et supérieure, laquelle manque non seulement chez les Mousses, mais encore chez les Hyménophyllées. Celles-ci ont des sporanges d'une forme particulière. Ils font saillie au bord de la fronde et chacun d'eux est supporté par une prolongation de l'une des nervures de la feuille. Dès lors, le prothalle développé d'une spore se rapproche beaucoup plus du protonoma filamenteux des Mousses que de l'organisme des autres Fougères. En examinant les Fougères fossiles qui se présentent à nous quand nous descendons l'échelle des terrains, on découvre que, bien qu'on rencontre à l'état fossile quelques-uns des genres actuels, *Polypodium*, *Asplenium*, *Pteris*, *Osmunda*, *Adiantium* et plusieurs autres, ils sont confinés dans les roches tertiaires. D'un autre côté, le genre semi-tropical *Gleichenia* descend jusqu'à l'époque crétacée et présente deux représentants dans l'oolithe,

pendant que les vraies Osmondées existent seulement dans le terrain tertiaire, une de ces Osmondées, un *Todea*, ayant été trouvé dans l'oolithe. Mais, si les Fougères oolithiques sont comparativement très nombreuses, beaucoup d'entre elles ont une forme généralisée, qui ne permet pas de les identifier avec les genres vivants. Les grands genres fossiles *Pecopteris*, *Nevropteris*, *Sphenopteris* sont définis par des particularités dans la forme de leurs nervures; mais ils peuvent être regardés comme des groupes mélangés et mal déterminés, dont quelques-uns de nos types modernes les plus spécialisés sont sortis, opinion qui a pour appui les exemples dans lesquels des traces des sores reproductrices ont été conservées.

Ces remarques s'appliquent également aux nombreuses Fougères fossiles de date encore plus ancienne. Les trois genres que nous venous de citer se rencontrent en très grand nombre dans les strates carbonifères et dévoniennes.

Dans les débris des roches oolithiques, nous trouvons quelques exemples spéciaux qui demandent un examen plus complet. Le permien et le carbonifère supérieur et inférieur fournissent des exemples de vraies Fougères arborescentes. Dans les deux premiers, on les a trouvés plus particulièrement à Autun, en France, et dans le dernier aux environs d'Oldham, dans le Lancashire. Mais, comme nous ne connaissons que leurs tiges, il nous est impossibble de savoir à quel groupe de Fougères il faut les rapporter. On les range d'ailleurs dans le groupe très distinct des Marattiées. La forme particulière des sporanges dans ce type aberrant de la tribu des Fougères est si distincte qu'il est impossible de la confondre. Nous avons trois principales modifications du type vivant, les *Angeopteris*, les *Marattia* et les *Danæa*. Nous trouvons les Angeopteris représentées dans les strates tertiaires, dans l'oolithe et le keuper. Les Marattiées ont été seulement découvertes dans le tertiaire, tandis que les Danæa sont représentées par deux espèces oolithiques, *Danæopsis Marantocea* et *D. Rumphii*. Outre ces genres, on a trouvé à Autun, ainsi que dans les couches inférieures du carbonifère, dans le Lancashire, quelques tiges ou grands pétioles, qui sont certainement des Marattiées et démontrent ainsi l'existence de ces Cryptogames particulières à une date récente.

Le grand nombre de ces Fougères carbonifères, dont les organes de fructification ont été trouvés, se rattache à un groupe particulier et récemment éteint, auquel on a donné le nom de *Botryoptéridées*. On a retrouvé tout au moins des parties de leurs frondes fertiles, en même temps que des masses divisées de sporanges. Mais la découverte probablement la plus intéresante pour les Fougères paléozoïques est

celle qui a été faite dans les strates carbonifères et dévoniennes de représentants du groupe des Hymonophyllées ou Fougères membraneuses. Nous avons déjà indiqué l'organisation primitive de ces Fougères. Par suite, leur prédominance dans les plus anciennes strates dans lesquelles les fougères aient été découvertes en quantités considérables est ce que la doctrine de l'évolution nous indiquent *à priori*, *were we to reason after the à priori fashion*. Il n'y a pas évidemment de raison de douter que le délicat *Palæopteris hibernica* des strates dévoniennes ne se trouve pas seulement à Kiltoreau ou d'autres endroits en Irlande, mais encore en Ecosse et dans le Nord-Amérique. Il faut remarquer que, si les Equisétacées et les Lycopodes de l'âge paléozoïque étaient des arbres gigantesques et déployaient dans l'intérieur de leur tige un magnifique développement exogène de structure vasculaire inconnu chez leurs représentants actuels, les Fougères du même âge, arborescentes ou autres, ne présentaient pas un accroissement aussi considérable. Les genres et les espèces sont distincts de ceux qui existent; mais, excepté dans les détails d'importance secondaire, ce groupe important a subi des changements peu considérables entre la période dévonienne et la période actuelle. Cette époque n'était pas le commencement de leur existence car nous avons récemment retrouvé quelques fragments de Fougères siluriennes; mais ils sont trop petits et trop insignifiants pour jeter un peu de lumière sur le vrai caractère de ces plantes à l'époque silurienne. Il nous reste encore à découvrir une flore complète silurienne.

V

Les Cryptogames cellulaires, ainsi que le nom l'indique, sont complètement dépourvues de faisceaux fibro-vasculaires, bien que dans quelques formes, comme dans les plantes marines, les frondes paraissent avoir une région moyenne, qui, si on la regarde superficiellement, peut être considérée comme un faisceau vasculaire, mais qu'un peu d'attention montre comme simplement composée d'une ou de plusieurs séries linéaires de cellules allongées carrées à l'extrémité. Les plus hautement différenciées de ces cryptogames sont probablement les Mousses, dont les spores développent un prothalle rampant, divisé, appelé protonema, qui émet des racines chevelues et dont les graines se développent dans un bourgeon aérien. Quelques-uns de

ces derniers sont les organes sexuels reproducteurs, en forme d'anthéridies et d'archégone. L'organisme entier de végétation peut être regardé comme un prothalle. Les anthéridies et les archégones se trouvent soit sur la même plante, soit sur des plantes différentes. En fonction, ces organes correspondent à ceux des Cryptogames vasculaires. La cellule fécondée occupe la base de l'archégone, qui se développe dans une sporogonie. La partie la plus importante de cet organisme, qui en renferme plusieurs, est le thèque ou urne, capsule creuse, supportée par une tige mince dans laquelle sont enfermées les spores et d'où elles s'échappent quand elles sont mûres en soulevant un petit couvercle ou opercule. Bien que ce sporogonium reste attaché à la partie végétative de la mousse, il ne représente jamais une génération distincte. De plus, bien qu'il soit porté par le prothalle, il n'a pas avec lui de véritable connexion organique. Par suite, même chez ces Mousses, nous trouvons une alternance distincte de génération l'une sexuelle, suivie d'une autre non sexuelle.

Quoiqu'aujourd'hui les Mousses soient extrêmement nombreuses et soient très répandues sur le globe, des tropiques vers le cercle arctique et depuis le niveau des mers équatoriales jusqu'à la limites des neiges éternelles sur nos montagnes, nous n'en trouvons aucunes traces dans les terrains fossilifères plus anciens que le tertiaire. Elles peuvent être cependant fossilisées, car un grand nombre d'entre elles ont été conservées dans les couches les plus récentes, et on les trouve avec l'ambre dans quelques localités. Mais on ne rencontre pas trace d'une Mousse authentique dans les terrains crétacés ou les strates plus anciennes. C'est là un fait remarquable, qui a suggéré l'idée que le groupe tout entier était d'origine récente. Ces remarques s'appliquent également au groupe le plus rapproché d'elles, les Jungermanniées. Quelques-unes d'entre elles présentent les apparences des Mousses, mais elles en diffèrent complètement par l'aspect caractéristique de leurs sporogonies, dont l'organisation est beaucoup plus simple que chez les Mousses. On peut encore les distinguer par le mécanisme à l'aide duquel les capsules qui renferment les spores s'ouvrent pour mettre ces spores en liberté. Cette capsule n'est remplie que partiellement de spores, avec lesquelles sont mélangés des cellules dont chacune contient un fil spiral. Tant qu'elles ne sont pas mûres, ces fils ne sont pas élastiques; mais à la maturité ils le deviennent à un point très élevé. Quand ils se développent, ils dilatent la capsule qui le renferme, le tout se faisant plus ou moins rapidement. Ces Elatères brisent la capsule en la séparant en quatre valves et en mettant les spores en liberté. Dans les vraies Jungermanniées inférieures et les

Marchantiées ou Hépatiques, la structure de l'appareil végétatif rappelle beaucoup moins celui des Mousses et revêt beaucoup plus l'apparence d'une Fougère gigantesque, prothalle; la ressemblance est encore rendue plus manifeste par ce fait que l'organisme prothalloïde supporte les anthéridies et les archégones. C'est de ces derniers que se développent les sporanges qui renferment les spores et qui représentent une simple forme de génération sporogoniale. Les Jungermanniées et les Marchantiées se rencontrent dans les terrains fossilifères des roches tertiaires.

Les Characées constituent un autre groupe parfaitement distinct de plantes cellulaires aquatiques, remarquables par la grande largeur de leurs cellules allongées. Ici, nous trouvons des anthéridies et des archégones révétant des formes distinctes et qui sont connus sous les noms de *globule* et de *nucule*. Ce dernier, connu aussi sous le nom de *carpogonium*, est l'organe femelle, et il se distingue promptement par cinq bandes larges et distinctes tournant en spirale autour de la cavité centrale qui renferme la spore. Les carpogones, qui dans l'état fossile ont été depuis longtemps désignés sous le non *gyrogonites*, se rencontrent abondamment non seulement dans les couches tertiaires d'origine d'eau douce, mais encore dans les roches crétacées et oolithiques, et, d'après Schimper, elles ont été découvertes près de Moscou dans une couche de la période triasique, le keuper.

Par suite, ces plantes ont évidemment non seulement existé dans une période récente de l'histoire du globe, mais encore elles ne paraissent avoir subi que de légères modifications entre l'époque où elles paraissent avoir débuté et l'époque moderne.

On ne peut mettre en doute que quelques formes de végétation marine ont dû exister au moins jusqu'après la période pendant laquelle la première vie animale fit son apparition sur le globe. Les plantes seules peuvent communiquer à la matière minérale la forme organique, et les animaux les plus récents doivent avoir pris la matière végétale préexistante dont ils avaient besoin pour vivre. Mais l'identification de ces protophytes n'est pas facile. Il existe dans les couches à fossiles des myriades de ces objets qu'on a appelés *Fucoïdes*. Mais la plupart d'entre eux sont des parties de plantes d'une organisation plus élevée dont les détails ont disparu. Quelques-uns d'entre eux ont été identifiés avec les Conifères, d'autres avec les Fougères, etc. Depuis, M. Nathurst, de Stockholm, a montré que quelques-unes de ces plantes que l'on supposait maritimes étaient des empreintes de traces laissées par des animaux marins qui rampaient sur les fonds marécageux de la mer. Il ne peut plus être question de conserver le ca-

ractère fucoïde de certaines formes existant dans les couches tertiaires et oolithiques, puisque leur ressemblance de formes indique des objets plus anciens et moins distincts pouvant avoir la même origine. Mais dans beaucoup de cas on ne peut prouver qu'il en ait été toujours ainsi. Par suite, ces objets ne peuvent être réunis pour former un arbre généalogique de la vie végétale. D'un autre côté, le groupe des champignons est représenté dans les strates de divers âges, et très distinctement dans quelques roches les plus anciennes du terrain carbonifère. Ces derniers consistent entièrement en quelques-unes des formes fungoïdes les plus inférieures, et cinq exemplaires ont été trouvés dans les houilles du carbonifère inférieur à Halifax, dans le Yorkshire.

Après avoir, dans le cours de ces lectures, passé en revue quelques-uns des types les plus caractérisés du règne végétal qui se trouvent dans les roches paléozoïques, et nous être efforcé de tracer les anneaux qui relient ces anciens types avec leurs représentants aujourd'hui vivants, nous devons voir comment l'ordre de leur succession correspond avec ce que la doctrine de l'évolution suppose être probable.

En examinant seulement les plantes vivantes, nous n'éprouvons aucune difficulté à suivre la succession des formes graduées, qui nous montrent une ligne descendante continue depuis les plantes les plus simplement organisées jusqu'à celles qui le sont le plus. Mais il n'en est pas de même de la ligne ancestrale actuelle. Nous avons vu que les Cryptogames et les Gymnospermes existaient longtemps avant que la plupart des angiospermes ou plantes fleuries aient fait leur apparition. Quant aux types spéciaux, nous avons vu que les Fougères hymenophylloïdes, les plus faiblement organisées, se trouvent parmi les plus récentes dont les traces ont été découvertes. Dans la même voie, les plus anciennes plantes à cones, les Cycadées et les Conifères, mais spécialement ces dernières, ont acquis leurs caractères modernes peu à peu et après une longue période de temps. En examinant les fleurs Gymnospermes, nous avons vu que les plus anciennes présentent la complication la moindre des groupes connus, tandis que les types les plus élevés commencent à apparaître à une époque plus récente.

D'un autre côté, les plus anciens Lycopodes et Equisetum apparaissent dans la période dévonienne, presque sinon, tout à fait, dans l'état le plus élevé de grandeur et d'organisation. Ils sont ainsi en association contemporaine avec les Conifères (Dadoxylon), qui occupent un rang élevé si on les compare avec les Cryptogames vasculaires, près

desquelles ils vivaient. Combien ils sont plus avancés que les simples amas unicellulaires de protoplasma, leur source originaire à tous. Ces faits et un grand nombre d'autres de même nature rendent évident que l'étude des plantes fossiles étaye en général la doctrine de l'évolution, et que cet appui ne peut et ne doit pas quant à présent s'étendre au delà d'une mesure limitée. Il doit s'être écoulé un temps considérable avant les roches dévoniennes, pendant lequel la végétation a passé de l'état le plus simple et le plus humble jusqu'aux grands Dadoxylons, Lepidodendrons, Calamites, et les Fougères arborescentes qui existaient dans les périodes dévoniennes et carbonifères. Nous n'avons encore retrouvé que de faibles traces de cette végétation prédévonienne. Nous pouvons espérer que bientôt on en découvrira davantage. Mais, jusqu'à ce que ces découvertes aient été faites, les tentatives entreprises pour établir un arbre généalogique du règne végétal doivent être inutiles et vaines.

C. Williamson [1].

1. Lectures faites à la Société royale de Londres, résumées dans *Pharmaceutical Journal*.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des sciences de Paris.

Séance du 2 juillet 1883.

FAYE. *Sur les tornados du* 30 *mai* 1879 *au Kansas, États-Unis.* — « Dans une Note que j'ai eu l'honneur de lire à l'Académie [1] le 16 octobre dernier, sur l'important Catalogue des six cents tornados observés en Amérique dans le cours de ce siècle, j'avais émis l'opinion que les tornados simultanés, tels que les treize tornados du 30 mai 1879, devaient appartenir à un même mouvement tournant traversant à cette époque le territoire de États-Unis. Le Rapport détaillé de M. Finley sur les tornados des 29 et 30 mai dans le Kansas, le Missouri, la Nebraska et l'Iowa est venu confirmer cette appréciation. C'est du reste un fait général qu'on a fréquemment constaté, pour les orages, en Europe comme en Amérique. Ainsi M. Mohn dit [2] :

« La plupart des orages de nos contrées se produisent lorsqu'un mouvement « tournant passe sur un pays. Comme la direction constante des vents en temps « d'orage le montre (sud-ouest), ils se forment dans la partie sud-est du cyclone, « là où l'air est chaud et humide. »

« Pour donner à l'Académie une idée de l'importance de ces questions, je ne puis mieux faire que de traduire un court extrait du Rapport de M. Finley, dont l'enquête énumère quarante-deux morts, cent quatre-vingt-cinq blessés, deux cent soixante-deux maisons détruites et un nombre encore plus grand de granges, d'étables, etc., rien que pour la journée du 30 mai 1879 :

« Bien que les ravages des ternados aient été souvent plus désastreux dans « d'autres États, l'effet moral produit sur les habitants, au Kansas surtout, par « ceux du 30 mai, n'en a pas moins été terrible. Longtemps après la catastrophe, « ils hésitaient à se coucher ; nuit après nuit, des centaines de personnes res- « taient habillées, leurs lanternes allumées, craignant de subir de nouvelles « attaques.

« A l'aspect du moindre nuage un peu sombre, au premier souffle de vent un « peu fort, la terreur se peignait sur le visage des plus braves.

« Bien des gens se préparaient à quitter le pays. Pendant des mois entiers, les « affaires furent suspendues. Il ne restait guère d'activité et d'initiative qu'au « sein des comités de secours : ceux-ci fonctionnèrent, il faut le dire à l'honneur « de ces malheureux États, avec un zèle et une générosité admirables. Mais, dans « ces comités même, chacun se demandait si la région n'était pas particulière-

1. *Comptes rendus*, t. XCV, p. 660.
2. *Grundzüge der Meteorologie*, p. 323.

« ment exposée aux tornados et, jusqu'à quel point. La question pouvait-elle « être résolue par le *Signal Office Bureau?* Le Bureau du *Signal office* accordait-il « une attention suffisante à ces phénomènes si menaçants pour la sécurité du « pays ? Était-il en état de donner des avertissements au pays pour l'année pro« chaine ? Permettez-moi, ajoute M. Finley, en parlant au général A. Myer, de « faire remarquer qu'il serait avantageux de charger un observateur spécial de « résider à Kansas-City, pendant les mois de mai, juin et juillet. De là il com« muniquerait aisément avec la vallée du bas Missouri ; il recevrait de Washington « les informations nécessaires sur la situation météorologique générale, et adres« serait ses prévisions à toutes les stations télégraphiques de la vallée. Le Kansas « a déjà son bureau météorologique, mais on reconnaît que celui-ci n'est qu'un « facteur de la grande organisation centrale ; pour étudier les tornados d'une « manière spéciale, il faut étendre les recherches au pays tout entier et connaître « l'état de l'atmosphère bien au delà des limites de quelques Etats. C'est au chef « si actif du *Signal service* qu'il appartient de donner à cette enquête l'extension « nécessaire, afin de préserver les intérêts agricoles d'un des États de l'Union les « plus récemmment peuplés, mais déjà des plus productifs. »

« Le moment est donc venu où les populations terrifiées des États-Unis se tournent vers les météorologistes officiels et leur demandent ce qu'ils peuvent faire pour elles.

« En Europe, nous sommes bien moins exposés qu'aux États-Unis à ces effrayants phénomènes ; mais je n'ai pu lire les navrants détails du Rapport précité sans éprouver le désir de dire quelque chose d'utile à ces populations si fortement éprouvées. Comme M. Finley, je pense qu'il est avant tout nécessaire d'avoir une idée exacte de l'origine et du mécanisme de ces tornados. Malheureusement les idées qui règnent à ce sujet aux États-Unis, comme ailleurs, dérivent d'un préjugé dont j'ai eu plus d'une occasion de constater la ténacité. On croit en effet que ces phénomènes tiennent à l'état météorologique des couches inférieures de l'atmosphère, de celles où sont placés nos instruments d'observation. La première théorie [1] à laquelle a conduit ce préjugé a dù céder devant la masse de faits recueillis aux États-Uuis ; elle y est abandonnée aujourd'hui ; mais on tend à la remplacer par une autre qui, malgré sa tournure plus scientifique, ne me semble guère plus acceptable. Après avoir étudié dans les cartes du *Signal service* la situation générale, aux États-Unis, des couches inférieures par rapport à la température, l'humidité, le point de rosée, etc., on a remarqué qu'à l'époque de ces tornados les cartes synoptiques présentent constamment une opposition très marquée entre deux moitiés du territoire de l'Union. Au nord, la température est basse, les vents viennent du nord ou du nord-ouest et sont froids. Dans la région du sud, au contraire, les vents du sud ou du sud-est sont chauds et chargés d'humidité. C'est au conflit de ces vents qu'on attribue la formation des

1. On a imaginé que l'air en contact avec un sol surchauffé par les rayons solaires, et rendu plus léger que les couches supérieures, se fait quelque part une issue à travers ces couches et s'élève en produisant, sur la couche inférieure seulement, une aspiration, un tirage énergique. L'air de cette colonne ascendante se dilate dans les régions supérieures, se refroidit et produit, par la condensation de ses vapeurs, les nuages de pluie ou de grêle qui couronnent son extrémité supérieure. (Voir MOHN, *Grundzüge der Meteorologie*, p. 313 et 314.)

tourbillons de grêle et les tornados eux-mêmes, qui ne seraient autre chose que le prolongement des premiers descendant jusqu'au sol.

« Il ne me paraît pas possible que ces vents entrent en conflit direct, que ce conflit puisse engendrer des tourbillons réguliers, persistants, et que la différence de leurs températures donne lieu à la formation des grêles qui ont partout précédé ou suivi, le 30 mai, l'apparition des tornados. D'ailleurs la concomitance des tornados avec la répartition susdite de l'humidité, de la température et des vents résulte tout naturellement de ce que ceux-ci se forment au bord sud-ouest d'un grand mouvement cyclonique préexistant et parcourant le pays tout entier [1] ; cette disposition météorologique n'est pas la cause des tornados.

« Je crois avoir prouvé, au contraire, que les tornados sont dus, comme les tempêtes et les orages, à des tourbillons descendants à axe vertical, ayant leur origine, non pas en bas dans les couches d'air où nous vivons et dont nous notons d'ordinaire le calme profond, mais dans les courants supérieurs de l'atmosphère dont la direction n'a rien de commun avec les faibles vents régnant auparavant à la surface de la terre. Sans doute leur aspect physique peut changer d'une contrée à l'autre, ou dans la même contrée avec les saisons, suivant le degré d'humidité ou de sécheresse des couches d'air qu'ils traversent en descendant, et surtout suivant l'abondance ou la rareté des cirrhus charriés dans les courants supérieurs, et alors ils se présentent sous l'aspect de tornados de poussière, comme dans l'Asie centrale, l'Afrique, le Mexique, ou de grêle et de pluie, comme aux États-Unis et en Europe ; mais leur nature mécanique est toujours la même. La force vive qu'ils apportent en bas, au contact des obstacles du sol, a en haut son origine ; elle est puisée dans les courants aériens des hautes régions ; après l'avoir emmagasinée dans les lentes gyrations d'un vaste entonnoir, ils la concentrent en bas dans des spires circulaires descendantes de plus en plus étroites. Leur vitesse de translation, leur direction sont justement celles de ces courants, et, chaque fois que dans un de ces fleuves supérieurs il se forme un ou plusieurs tourbillons à axe vertical, il se produit au-dessous et en avant une faible baisse barométrique qui s'annonce en bas quelque temps d'avance.

« C'est en partie sur ce dernier phénomène que sont fondées l'étude et la prévision des grands mouvements auxquels on a donné le nom de *cyclones*. Le trajet d'un cyclone plus ou moins caractérisé, en Europe et aux Etats-Unis, est aussi annoncé en certains cas, en été surtout, par une sensation particulière : la température s'élève, l'atmosphère est oppressive. En été, ces signes sont les avant-coureurs des orages qui vont se déclarer, surtout au sud-est de la trajectoire centrale du cyclone. Dans les pays voisins de l'origine de ces cyclones, vers 30° ou 35° de latitude, les tourbillons partiels qui produisent ces orages descendent souvent jusqu'au sol : ce sont les *tornados*. Mais rien ne saurait nous dire longtemps d'avance si un grand mouvement tournant qui passe et qui amène des averses sur son parcours portera sur un de ses flancs des orages à grêle et si, parmi ces orages à grêle, il se formera un tornado. C'est aux habitants prévenus

1. Ainsi que le constate M. Finley lui-même en disant que *every tornado almost invariably takes place in the southwest quadrant of an area of comparatively low pressure*. Voir *Report of* 600 *tornadoes*, p. 17.



par le service météorologique du passage d'un grand mouvement tournant, avertis par leurs propres sensations de la proximité d'un orage, de faire guetter le tornado dès sa formation et de prendre leurs mesures.

« Quelques observateurs postés sur des clochers ou sur des collines un peu élevées peuvent les voir de loin, à 20 *miles* au moins de distance, et les signaler autour d'eux trente ou quarante minutes avant leur arrivée. Mais il faut que la vigie connaisse bien la figure particulière que prend alors le nuage élevé où se trouve l'embouchure du tornado, qu'elle sache sur quelle partie de l'horizon elle doit porter ses regards; en un mot, qu'elle ait une notion exacte du phénomène. La preuve que la chose est possible, c'est qu'il s'est trouvé de temps en temps des observateurs, habitués à contempler avec intelligence les grandes scènes de a. nature, à qui elle a réussi. En voici un exemple bien ancien que je tire de la Bible, Ier Livre des *Rois*, chap. XVIII, où il est question de l'événement météorologique qui mit fin à la longue sécheresse et à la famine prédite, deux ans à l'avance, par le prophète Élie. Élie vient d'annoncer à Achab la fin de la sécheresse :

« 41. Puis Élie dit à Achab : « Monte, mange et bois, *avant* que l'on entende le « bruit d'une grande pluie. »

« 42. Et Élie monta *aussi* sur le Carmel, et, se penchant contre terre, il mit son « visage entre ses genoux.

« 43. Et il dit à son serviteur : « Monte maintenant et regarde vers la mer. » « Celui-ci monta donc et regarda et revint dire : « Il n'y a rien. » Élie lui dit : « Retournes-y par sept fois. »

« 44. A la septième fois, il dit : « Voilà une petite nuée, comme la paume de la « main d'un homme, qui monte de la mer. » Alors Élie lui dit : « Va dire à « Achab : Attelle ton chariot avant que la pluie te surprenne. »

« 45. Et il arriva que les cieux s'obscurcirent de nuées de tous côtés, le vent se « leva et il y eut une grande pluie. »

« Tous les gens du Kansas, du Missouri, etc., qui ont vu des tornados reconnaîtront bien, dans cette description si concise, le phénomène avec lequel ils sont malheureusement devenus familiers. Il venait de la mer, c'est-à-dire de l'ouest ou de l'ouest-sud-ouest (du sud-ouest au Kansas), franchissait la chaîne du Carmel aussi facilement que les tornados ou du moins les cyclones des États-Unis franchissent les collines ou les montagnes de l'Amérique, et amenait une série d'averses qui mirent fin à la sécheresse en Palestine, tout comme les tornados du 30 mai 1879 ont mis fin à la sécheresse qui régnait auparavant au Kansas.

« Ainsi on les voit venir de loin. Les chefs de maison, avertis par quelque signal, auront le temps de faire descendre leur famille et leurs gens à la cave. Ils pourront même sauver leur bétail, s'ils ont eu la précaution de faire creuser des tranchées à ciel ouvert près de l'étable ou de l'écurie [1]. Le reste à la grâce de

1. A 1 m. 5 ou 2 mètres de profondeur, recouvertes de madriers arasés au sol, pour parer à la chute des décombres.

Dieu. Je ne connais qu'un moyen de parer aux désastres matériels; à la ruine des maisons et des granges, à la destruction des arbres et des récoltes, c'est l'assurance. Aujourd'hui, la statistique de ces phénomènes, depuis dix ou quinze ans, est assez bien connue, grâce au *Signal service*, pour offrir une première base aux calculs d'une Compagnie, et, si une telle entreprise s'étendait à l'Union entière, il ne lui serait pas impossible, dans un pays si riche, de fonctionner avec le succès qu'on obtient depuis longtemps pour les sinistres en mer, les incendies, etc.

« J'aurais bien voulu imaginer pour les maisons un moyen de préservation quelconque. Voici du moins comment s'y prend un tornado pour les renverser. Dès la première impression, la toiture est emportée au loin. Lorsque les gyrations circulaires horizontales arrivent à frapper en plein une des façades, la maison s'incline ; le mur frappé, poussé, se détache de ses fondations, au ras du sol. L'air qui se glisse violemment par ces ouvertures soulève les planchers et allège un peu le poids de l'édifice. Bientôt la maison, construite le plus souvent d'une manière légère, chasse sur ses fondations ébranlées et déjà disjointes, comme un navire dont les ancres ne tiennent plus. Elle est transportée tout d'une pièce à quelques pouces ou à quelques toises de là, puis, attaquée en sens divers par les gyrations descendantes qui se succèdent sans cesse, elle s'écroule immédiatement. C'est l'affaire de dix à douze secondes. Ses débris sont dispersés circulairement autour de l'endroit de sa chute, ou projetés au loin. Il m'a semblé qu'en retardant un peu ces effets la maison serait sauvée. Il faudrait pour cela étayer les quatre murs, dans leurs plans respectifs, au moyen de fortes poutres solidement encastrées dans le sol et reliées en haut par des moises. Cela suffirait pour une maison située dans le demi-cercle maniable, un peu loin du centre. Mais, si elle était mal située, les étais eux-mêmes seraient enlevés ou brisés comme des fétus.

« La nuit (car les tornados viennent aussi de nuit, moins souvent, il est vrai, que de jour), les avertissements manquent. Il n'y a alors d'autre ressource que le baromètre, dont les marins savent tirer un si grand parti. Aussi ai-je émis déjà le vœu que chaque maison, chaque ferme en possédât un [1]. Peut-être parviendra-t-on aux États-Unis à fabriquer des anéroïdes à un dollar pièce, comme les mouvements de montres ou de pendules qu'on fait aujourd'hui à la machine.

« Il me reste à donner un conseil aux gens qui travaillent en rase campagne. Ils auront presque toujours le temps de se sauver. Mais jamais il ne faut fuir le tornado en lui tournant le dos, comme la famille infortunée de M. Krone (près de Deiphos, Kansas), le 30 mai 1879; on serait bientôt rattrapé. Il faut lui faire face un moment et, s'il est possible, examiner sa direction. Il n'est guère à craindre que s'il apparaît entre l'ouest-sud-ouest et le sud-sud-ouest. Si vous le voyez répondre toujours, dans sa marche progressive, au même point de l'horizon [2], c'est qu'il marche vers vous ; il faut courir à droite. Un quart de *mile* franchi vous mettra hors de sa portée. S'il dévie un peu à gauche, il faut encore courir à main droite. Mais, s'il dévie un peu à droite de sa direction première, il vous

1. *Comptes rendus*, t. XCV, p. 665.
2. On fait abstraction ici des légères oscillations presque pendulaires que certains tornades présentent dans leur marche.

atteindra par le demi-cercle dangereux ; en courant à droite, vous tomberiez sur le centre. Il faut donc, dans ce dernier cas, fuir à gauche. C'est ce que ferait un navire à vapeur en face d'un cyclone ou d'un typhon dont la direction aurait été déterminée.

« En terminant, j'insisterai une seconde fois sur l'urgente nécessité de renoncer enfin au préjugé qui domine encore toute la Météorologie dynamique; autrement, on ne serait jamais en état de concevoir et de répandre dans le public des notions exactes sur ces phénomènes. En Europe, où les tornados sont rares [1] et relativement faibles, il y a peu d'inconvénients à nourrir cette erreur ; elle ne fait que nuire au crédit de la Science. Aux États-Unis, où, par suite de la situation géographique de ce pays, ils sont si fréquents et si terribles [2], cette erreur est un danger de plus. Je m'empresse d'ajouter que, si je diffère d'opinion avec le *Signal service Bureau* des États-Unis au sujet des cyclones, des tornados et des trombes, personne n'apprécie plus que moi les services journaliers de cette savante organisation. »

M. de Quatrefages. *Remarques et observations sur le Traité d'anatomie comparée pratique de* MM. Carl Vogt *et* Emile Yung. — « L'ouvrage de MM. Carl Vogt et Emile Yung se présente sous la forme modeste d'un ouvrage élémentaire, spécialement destiné à guider les débutants. Mais, grâce au plan entièrement nouveau adopté par les auteurs et à la manière dont ce plan a été réalisé jusqu'ici, ce livre sera certainement fort utile à plus d'un maître.

« Il y a en effet deux manières de procéder dans les études d'Anatomie comparée. On peut prendre un à un les organes affectés à l'accomplissement d'une même fonction et les examiner dans toute l'étendue des séries animales. C'est la méthode qu'ont suivie dans leurs livres Cuvier, Meckel, etc., et dont la plus complète expression se trouve dans le magnifique ouvrage où notre vénéré confrère M. Milne Edwards a si magistralement exposé les modifications subies par les appareils organiques et leur mode de fonctionnement.

« Cette manière de procéder a de sérieux avantages. En particulier, surtout à l'époque où la Science se constituait, elle pouvait seule conduire, avec une rapidité relative, à des conclusions générales en Physiologie comme en Anatomie; mais elle a aussi ses inconvénients.

« Elle fait placer à côté les uns des autres des organes, des appareils anatomiquement et embryogéniquement très distincts, par exemple, les poumons des Mammifères et les branchies des poissons. Elle brise, par conséquent, la chaîne des homologies. En outre, ces *monographies d'organes* sont peu propres à donner des idées précises sur les rapports qui unissent les divers appareils fonctionnels, dans un organisme donné. Ce sont pourtant ces rapports qui déterminent le jeu des parties et commandent le mode de vie de l'ensemble. De leur connaissance dépend le plus ou le moins de notions exactes que l'on aura sur les machines animées qu'étudient les naturalistes.

1. On cite les tornados de 1787, d'Assonval en 1822, de Monville et de Malaunay en 1845, de Palazzolo (Sicile) en 1872, etc.

2. A peu près 72 par an ; on en a compté 468 de 1875 à septembre 1881. (*Comptes rendus*, t. CXV, p. 660.)

« Les *monographies d'espèces* dévoilent immédiatement ces rapports et en font sentir l'importance. Elles mettent en évidence les relations de chaque appareil avec tous les autres; elles permettent par cela même de mieux comprendre l'enchaînement des fonctions. Elles font donc vraiment connaître l'animal que l'on étudie; et, si l'espèce a été bien choisie, elles éclairent en même temps l'histoire anatomique et physiologique de tout le groupe dont elle est le type.

« MM. Vogt et Yung ont adopté cette seconde manière de présenter la description anatomique du règne animal. Chaque classe sera représentée dans leur livre, au moins par une monographie. Quand le type général du groupe sera par trop variable, les ordres eux-mêmes seront l'objet d'une étude semblable. Des observations sommaires feront connaître les modifications secondaires. Des figures très nombreuses, presque toutes originales et dessinées sur nature, accompagneront les descriptions.

« Un livre comme celui dont il s'agit ici ne s'improvise pas, et l'on admettra sans peine ce que M. Vogt me dit dans une de ses lettres, que l'on y trouvera maints renseignements recueillis il y a trente ans en vue de la publication actuelle. On comprendra aussi que la plupart de ces monographies, alors même qu'elles ont pour objet des espèces déjà étudiées, doivent renfermer un certain nombre de faits inédits et que l'ensemble constituera un ouvrage en grande partie original.

« Comme on devait s'y attendre, les auteurs ont commencé par décrire les organismes les plus simples, et l'histoire des Hydroméduses n'est pas encore terminée. Pourtant le peu qui a paru justifie les appréciations précédentes. Il sera facile de le reconnaître en lisant surtout les monographies de l'*Alcyonium digitatum* et de la *Medusa aurita*.

« Les auteurs ont réservé pour la fin de leur livre les considérations générales et les vues synthétiques suggérées par la revue qu'ils vont faire de tout le règne animal. Toutefois, ils ont voulu indiquer, dans une *introduction*, la manière dont ils comprennent les rapports des diverses branches de la Biologie et le rôle dévolu à chacune d'elles. Cette *Introduction* est conçue dans un esprit essentiellement *transformiste;* mais, à vrai dire, elle n'est nullement *darwiniste*. On sait, en effet que M. Vogt a pris de bonne heure, au milieu des partisans de cette doctrine, une position à part et très spéciale. Dans sa première publication relative aux questions soulevés par Darwin, dans ses *Leçons sur l'Homme*, il s'écartait déjà du maître sur plusieurs points importants. Jamais il n'est tombé dans les exagérations hasardées des darwinistes à outrance, et il les a, au contraire, combattues avec toute la verve que chacun lui connaît. Ses dernières publications nous apportent de nouvelles preuves de cette indépendance d'esprit.

« Les darwinistes admettent que les diverses phases évolutives parcourues par l'embryon d'un animal supérieur, depuis l'œuf jusqu'à l'acquisition de ses formes définitives, ressemblent aux phases qu'a présentées l'évolution historique des espèces qui composent la série des ancêtres de ce même animal. MM. Vogt et Yung acceptent cette loi, dans ce qu'elle a de général; mais, d'une part, ils lui refusent le caractère absolu qu'on a voulu lui attribuer; et, d'autre part, ils veulent évidemment que l'on accepte les faits embryogéniques, tels qu'ils sont fournis par l'observation. M. Vogt a vivement protesté ailleurs contre la pensée que l'em-

bryogénie ou *ontogénie*, comme l'on dit aujourd'hui, puisse fournir des *documents falsifiés* à l'histoire de la filiation des êtres (*Phylogénie*). Il a fort bien montré que cette conception, hautement accepté en Allemagne, introduit, dans les applications de la théorie, un arbitraire vraiment inacceptable. (*Revue scientifique*, 5 et 12 mai 1877.)

« Cette fidélité à l'étude des faits a conduit MM. Vogt et Yung à se séparer de Darwin et de ses disciples sur un point assez important. On sait que l'illustre inventeur du transformisme explique l'évoluton animale à peu près exclusivement par l'influence qu'exerce la sélection naturelle, conséquence nécessaire de la lutte pour l'existence. Or, dans cette lutte, la victoire appartient nécessairement aussi aux individus les plus forts, les mieux doués. Le perfectionnement lent, mais continu, des organismes résulte de ces batailles incessantes. Envisagé à ce point de vue, le darwinisme a été proclamé la doctrine du progrès et a inspiré à Darwin ui-même, comme à certains de ses disciples, des pages pleines d'enthousiasme. On admettait bien quelques transformations régressives, quelques cas de recul organique, mais on ne voyait là que de rares exceptions.

« MM. Vogt et Yung admettent, au contraire, que les faits de cette nature sont fort nombreux et qu'ils sont la conséquence de cette division du travail physiologique, si bien étudiée par M. Milne Edwards. La spécialisation harmonique, disent-ils, conduit seule au progrès ; la spécialisation unilatérale, au contraire, mène à la dégradation ; car tout développement prédominant d'un organe ou d'un groupe d'organes doit nécessairement avoir pour conséquence l'arrêt de développement, ou même la régression des autres organes. On voit que nous avons ici l'application aux doctrines transformistes de la *Loi de balancement*, formulée par Geoffroy Saint-Hilaire.

« C'est en partant de ce principe et de l'application de l'embryogénie à la phylogénie que MM. Vogt et Yung apprécient les rapports de filiation entre les formes animales fixées et les formes libres correspondantes. Pour faire mieux comprendre leur pensée, je citerai un exemple sur lequel M. Vogt insiste dans une de ses lettres. Tout le monde est d'accord pour reconnaître que la Méduse est supérieure en organisation au Polype hydraire qui lui donne naissance. Mais celui-ci est regardé par à peu près tous les transformistes comme la forme primitive ; la Méduse est pour eux la forme dérivée. La théorie du progrès demande qu'il en soit ainsi. Au contraire, pour M. Vogt, qui s'appuie sur les phénomènes embryogéniques, le Polype n'est qu'une forme dégradée, et la Méduse représente le type primitif. Tous les zoologistes comprendront combien est considérable le rôle que cette manière d'envisager les faits assigne à la dégradation organique, surtout dans la constitution des faunes marines. Le parasitisme, une adaptation trop spécialisée, et toute influence prédominante, peuvent d'ailleurs conduire à des résultats analogues. En somme, tout progrès, dans une direction donnée, est accompagné, sinon de reculs, tout au moins d'arrêts plus ou moins marqués dans d'autres directions. On voit combien nous sommes loin de la doctrine du progrès.

M. Vogt se sépare de ce que l'on peut appeler l'*École orthodoxe de Darwin*, sur une question bien plus grave que la précédente. Au moment même où M. Gaudry présentait son beau livre à l'Académie et déclarait avoir reconnu qu'il y a eu,

non pas un seul enchaînement, mais plusieurs enchaînements d'êtres dont le développement s'est poursuivi d'une manière indépendante (*Enchaînements du monde animal; Fossiles primaires*), je recevais de M. Vogt une lettre contenant l'exposé de conclusions toutes semblables. Pas plus que notre Confrère, le savant génevois n'accepte la conception d'un développement monophylétique du règne animal. Il admet l'existence dans le passé de plusieurs souches distinctes d'où sont sorties des séries d'êtres parfaitements indépendantes.

« Mais M. Vogt va plus loin encore. Darwin, très explicite sur ce point, a insisté à diverses reprises sur ce fait que la sélection naturelle a pour conséquence la *divergence des caractères* (*De l'Origine des espèces*, chap. IV) et, par conséquent, l'éloignement de plus en plus grand des espèces. Or, dès 1877, M. Vogt demandait que l'on fît entrer en ligne de compte la *convergence* produite par l'action des milieux sur des types primitivement différents (*Revue scientifique*). Il pense que des souches males diverses peuvent donner naissance à des séries d'êtres dont quelques-unes se rapprochent et tendent à se confondre. Si bien que nous plaçons parfois dans la même classe, dans le même ordre et peut-être dans le même genre, des espèces dont les ancêtres remontent à des souches originelles parfaitement distinctes (*Lettre personnelle*).

« Je n'ai pas l'intention d'examiner ici les conséquences qu'entraînent à mes yeux ces différences de doctrine. Je me bornerai, pour en indiquer l'importance, à employer une image que j'emprunte à Darwin.

« Ce grand penseur, reprenant avec plus de détails une comparaison déjà mise en usage par notre confrère, M. Naudin (*Revue horticole*, 1852), a représenté le développement de la vie sur la terre par un arbre qui a grandi peu à peu, multipliant ses bourgeons, acquérant d'âge en âge de nouvelles branches. De ces bourgeons, beaucoup ont avorté; de ces branches, beaucoup sont mortes et sont tombées. Ce sont elles que nous retrouvons dans les couches géologiques, où elles constituent les fossiles, tandis que l'*Arbre de la vie* en est arrivé à couvrir le globe entier de ses ramifications sans cesse renouvelées et de plus en plus brillantes. Eh bien, à cet arbre unique, représentant tout le passé, tout le présent et même l'avenir de la création vivante, les travaux de MM. Gaudry et Vogt substituent un bosquet, composé d'arbres distincts, dont il reste à déterminer le nombre et les essences.

« Ce résultat enlève certainement à la conception darwinienne une bonne part de ce qu'elle a de grandiose et de séduisant; mais le transformisme ne perdra rien à se séparer d'un système absolu et où l'hypothèse joue un rôle par trop considérable. Par cela même qu'il tiendra davantage compte des faits, il deviendra plus apte à rendre à la science positive des services que je n'ai jamais méconnus tout en combattant la doctrine elle-même. »

H. de Varigny. *Influence exercée par les principes contenus dans l'eau de mer sur le développement d'animaux d'eau douce.* — « Il peut être intéressant de rechercher quels sont, parmi les principes salins contenus dans l'eau de mer, ceux qui exercent l'action la plus nuisible sur les animaux d'eau douce. A cet effet, j'ai étudié l'influence de ces principes sur le développement des œufs et sur les animaux

mêmes. Il ne sera question dans cette Note préalable que des expériences faites sur les œufs de grenouille et sur les têtards.

« Parmi les principes dissous dans l'eau de mer, il en est deux sur lesquels il semble inutile de faire des recherches expérimentales : ce sont le sulfate de chaux et le carbonate de chaux. La nature, en effet, nous montre par de nombreux exemples que le développement des œufs et des têtards se fait parfaitement bien dans les eaux saturées de gypse et de calcaire. Du reste, la quantité de ces principes que l'eau peut dissoudre est, on le sait, extrêmement faible. Nous avons donc laissé de côté ces deux sels.

« Restent, parmi les principes contenus en quantité notable dans l'eau de mer, les chlorures de sodium, de magnésium et de potassium et le sulfate de magnésium.

« Il y a environ 2 gr. 20 de sulfate de magnésie par litre dans l'eau de mer Une solution d'eau de rivière contenant cette proportion de ce sel et renfermant quelques herbes aquatiques a reçu une assez grande quantité d'œufs de grenouille. Les œufs y ont parfaitement éclos, et les petits s'y sont très bien développés, sans que la mortalité dépassât celle que nous observions dans des bocaux contenant de l'eau pure et souvent renouvelée. Le sulfate de magnésie ne nuit donc pas à l'éclosion des œufs ni au développement des têtards. J'ajouterai que les têtards nés dans la solution renfermant 2 gr. 20 de sulfate de magnésie par litre n'ont aucunement souffert lorsque peu à peu la proportion du sel a été accrue au point que le rapport était de 4 grammes par litre.

« Le sulfate de magnésie n'est donc pas, à la dose où il existe dans l'eau de mer, un principe nuisible aux animaux d'eau douce.

« Le chlorure de potassium, que l'on trouve à la dose d'environ 0 gr. 7 par litre, n'est pas non plus un principe bien actif. Dans une solution renfermant ce sel dans la proportion indiquée, les œufs se sont très bien développés, et les têtards n'en ont pas souffert. J'ai pu élever la teneur du liquide à plus de 3 gr. par litre sans inconvénient pour eux.

« Le chlorure de magnésium existe dans l'eau de mer à la dose d'environ 3 gr. 5. Les œufs placés dans une solution renfermant ce sel à la dose indiquée se sont ien développés; les têtards y ont vécu sans peine, et, à l'heure qu'il est, ils vivent dans une solution renfermant une quantité un peu plus considérable ee ce sel, soit 4 grammes par litre.

« Ces trois sels, chlorure de magnésium, chlorure de potassium et sulfate de magnésium, ne semblent exercer aucune mauvaise influence sur le développement des œufs ni sur celui des têtards. Il en est autrement du chlorure de sodium. Ce sel, qui se trouve à la dose de 20 grammes ou 25 grammes par litre d'eau de mer, nuit beaucoup au développement des œufs de grenouille et des têtards. Il m'a été impossible d'obtenir une seule éclosion dans une solution contenant 20 grammes par litre. Le manque d'œufs de grenouille m'a empêché de savoir à partir de quelle dose la présence du chlorure de sodium entrave l'éclosion. L'influence de ce sel sur le développement des têtards est considérable. Je n'ai pu faire vivre dans une solution composée de 2 litres d'eau douce et de 2 litres d'eau de mer que des têtards déjà âgés, encore apodes, il est vrai, mais longs de

0 m. 04 ou 0 m. 05. Les têtards de dix ou vingt jours y sont toujours morts rapidement. Pour ces derniers, ils ne peuvent vivre dans une solution contenant plus de 10 grammes à 12 grammes de sel par litre; encore faut-il agir progressivement.

« Les têtards âgés de un mois ou six semaines que l'on force à vivre dans une solution composée d'eau douce et d'eau de mer à parties égales se développent très peu et ne grossissent guère.

« En résumé, le chlorure de sodium est, dans l'eau de mer, le principe de beaucoup le plus nuisible au développement des animaux d'eau douce.

« D'autres expériences en cours, sur les têtards et sur d'autres animaux, seront communiquées ultérieurement. »

Séance du 9 juillet 1883.

AIMÉ GIRARD. *Recherches sur la destruction et l'utilisation des cadavres des animaux morts de maladies contagieuses, et notamment du charbon.* « — Les cadavres des animaux morts de maladies contagieuses et particulièrement du charbon sont devenus aujourd'hui pour l'agriculture un embarras sérieux. Il y a peu d'années encore, on recommandait de les enfouir; mais, depuis les derniers travaux de M. Pasteur sur la vitalité des spores charbonneuses et leur retour à la surface du sol par l'intermédiaire des lombrics, on a dû reconnaître que l'enfouissement ne constitue en aucune façon un obstacle à la propagation de la maladie.

« Pour mettre obstacle à cette propagation, c'est à d'autres procédés qu'il convient de s'adresser : c'est aux procédés qui déterminent la destruction de tous les éléments virulents dont le cadavre de l'animal est bondé.

« C'est ainsi que, dans ces derniers temps, on a conseillé, d'un côté la combustion des cadavres, d'un autre le dépeçage du corps de l'animal, la cuisson de sa chair à 100° et l'utilisation de la viande ainsi cuite à l'alimentation des porcs. Appliqués dans leur intégrité, avec une rigueur scientifique, ces deux procédés ont une valeur indiscutable; mais beaucoup de personnes craignent que, dans la pratique, une combustion incomplète, une cuisson à température trop peu élevée ne laissent subsister le danger de contagion.

« Je me propose de faire connaître un autre procédé qui, sans qu'il soit nécessaire de dépecer le cadavre de l'animal, le solubilise en entier, détermine du même coup la mort de tous les éléments virulents, et enfin permet de retirer de la matière ainsi traitée un profit sérieux encore, quoique modeste.

« Ce procédé consiste à dissoudre à froid dans l'acide sulfurique concentré le cadavre de l'animal, pour ensuite utiliser le liquide ainsi obtenu à la production d'un superphosphate de chaux azoté.

« L'action que les acides minéraux exercent sur les diverses matières dont le corps des animaux est formé est depuis longtemps connue; les analystes y ont recours pour la recherche des poisons, les fabricants d'engrais chimiques utilisent pour leurs mélanges des matières azotées (cuirs, déchets, etc.), dissoutes dans l'acide sulfurique, et enfin l'on ne saurait oublier qu'en 1868 Boucherie a proposé de traiter les cadavres des animaux morts par l'acide chlorhydrique bouillant;



mais, dans ces divers procédés, c'est toujours en recourant à l'emploi de la chaleur artificielle que la solubilisation de la matière animale a été obtenue.

« Ce recours à la chaleur artificielle est, cependant, difficilement compatible avec les conditions ordinaires du travail agricole, et c'est aux difficultés qu'ils présentent que ces divers procédés doivent de n'avoir point été adoptés par les cultivateurs.

« L'action de la chaleur n'est, cependant, en aucune façon, nécessaire dans ce cas; l'acide sulfurique, par exemple, pourvu qu'il soit moyennement concentré (de 60° à 43°), dissout rapidement et solubilise à froid toutes les matières dont le corps des animaux est formé.

« Le fait est facile à vérifier; il suffit de mettre le cadavre d'un animal quelconque en contact avec une quantité d'acide sulfurique à 60°, suffisante pour le noyer, pour qu'au bout de vingt-quatre heures, quarante-huit heures au plus, le cadavre entier : chair, sang, viscères, os, poils ou laine, ait disparu, ne laissant à sa place qu'un sirop coloré que surnage la graisse détachée des tissus et liquifiée par la chaleur de la réaction.

« C'est ce procédé que j'ai appliqué et que je propose pour la destruction des cadavres des animaux morts de maladies contagieuses. Depuis trois ans, je l'ai à plusieurs reprises expérimenté sur une assez grande échelle à la ferme de la Faisanderie, à Joinville-le-Pont, et dans tous les cas l'expérience a été satisfaisante.

« Des moutons morts du charbon et provenant des expériences de M. Pasteur ont été tout d'une pièce, sans dépeçage aucun, couverts encore de leur toison, immergés dans une cuve en bois doublée de plomb, remplie au tiers d'acide sulfurique à 60°; et, dans ces conditions, au bout de vingt-quatre ou quarante-huit heures, j'ai vu les cadavres de ces animaux disparaître en entier, l'acide baissant en degré, au fur et à mesure que la quantité de matière animale augmentait, mais conservant son énergie dissolvante jusqu'à ce que, de 60°, la densité fût descendue à 43° environ.

« Les quantités de matière que l'acide peut dissoudre dans ces circonstances sont considérables; elles atteignent et même dépassent les deux tiers du poids de l'acide.

« Le sirop noir acide et azoté fourni par la dissolution des cadavres ainsi traités ne renferme plus aucun élément virulent. L'un des plus habiles collaborateurs de M. Pasteur, M. Roux, a bien voulu examiner le léger résidu insoluble qu'on y voit encore en suspension. Inoculé à plusieurs animaux très aptes à prendre le charbon, ce résidu n'a produit sur eux aucun effet; la culture n'a pu y montrer aucun germe charbonneux : l'acide sulfurique azoté, en un mot, constitue, au point de vue de la propagation du mal, un produit absolument inoffensif.

« Un résultat aussi important pourrait, à la rigueur, être cherché au prix d'une dépense sérieuse; mais tel n'est point le cas, et, loin de coûter au cultivateur, la destruction des cadavres des animaux morts de maladies contagieuses, et même des animaux morts de maladies ordinaires, dont on ne sait guère tirer parti à la ferme, peut lui procurer un bénéfice.

« L'acide sulfurique azoté, en effet, marquant 43° environ, conserve, malgré la présence de la matière animale dissoute, toute son aptitude à attaquer les phosphates de chaux naturels, en même temps que, riche à 0,80 environ d'azote, à

0,50 environ d'acide phosphorique soluble, il apporte, dans la préparation des superphosphates, des éléments de fertilité qu'il convient de ne pas négliger.

Une opération exécutée ces jours derniers, au moyen de produits que la Compagnie de Saint-Gobain avait libéralement mis à ma disposition, m'a permis de me rendre compte des résultats économiques que le traitement par l'acide sulfurique peut produire. Une quantité d'acide sulfurique à 60°, égale à 321 kilogrammes, a dissous, en dix jours, neuf moutons dont le poids total s'élevait à 204 kilogrammes. Des 525 kilogrammes d'acide azoté ainsi obtenus, j'ai retiré 25 kilogramme de graisse environ et 500 kilogramme d'acide, qui, mis en contact avec 440 kilogrammes de coprolithes pauvres des Ardennes, m'ont fourni 940 kilogrammes de superphosphate contenant 0,36 pour 100 d'azote ; 5,86 d'acide phosphorique soluble, 1,77 d'acide phosphorique insoluble; superphosphate dont la valeur, jointe à celle de la graisse, représente environ 83 francs. La valeur de l'acide et des coprolithes employés représentant, d'ailleurs, 46 francs environ, il résulte de l'opération un bénéfice de 37 francs, soit pour chacun des neuf cadavres immergés, une valeur acquise de 4 francs environ.

« L'installation des cuves d'immersion, la manutention des acides, le travail du superphosphate peuvent, d'ailleurs, à l'aide de dispositions simples, être rendus aussi faciles que peu dangereux pour le cultivateur. »

L. Boutroux. *Contribution à l'étude de la fermentation panaire.* — « La fermentation panaire a été récemment l'objet d'intéressantes communications. M. Chicandard [1] a établi que ce n'est pas une fermentation alcoolique ; il nie même la présence de tout ferment alcoolique dans le levain. Cette manière de voir a été confirmée par une Note de M. Marcano, relative à la panification au Venezuela [2]. Cependant M. Moussette [3], travaillant sous la direction de M. Barral, a tiré 1,60 d'alcool pour 100, en volume, du liquide obtenu par la condensation des vapeurs qui s'échappaient d'un four pendant la cuisson du pain.

« Les expériences suivantes, faites avant la publication de la Note de M. Chicandard, paraîtront peut-être apporter quelques utiles renseignements sur la question.

« Au mois de septembre 1882, j'ai fait l'analyse d'un levain employé à faire le pain, au point de vue des organismes microscopiques qu'il contenait. Ce levain était celui d'une ferme de Sologne, située à 12 kilomètres de Romorantin, éloignée de toute brasserie; il y est conservé par cultures successives dans la pâte de pain de seigle, sans être jamais renouvelé. On fait le pain une fois par semaine, et chaque fois on réserve une portion de la pâte qui servira de levain pour la semaine suivante.

« Je prélève une petite portion d'une masse de levain pétrie depuis sept jours, je la délaye dans l'eau, et je l'examine au microscope ; je trouve de grosses cellules d'amidon, de fins filaments droits ou coudés, appartenant au genre *Bacillus*, et de petites cellules à contenu granuleux, qui peuvent appartenir au genre *Saccharomyces*. Une autre petite portion, prélevée, avec un tube flambé, au milieu de

1. *Comptes rendus*, t. XCVI, p. 1585.
2. Séance du 11 juin dernier.
3. Séance du 25 juin dernier.

la masse du levain, est semée dans un tube contenant du moût de raisin stérilisé. Au bout de deux jours, la fermentation se déclare dans le moût de raisin. L'examen microscopique y fait voir de très petites cellules rondes qui paraissent appartenir à l'espèce que M. Engel a nommée *Saccharomyces minor*. En faisant plusieurs cultures successives dans le moût de raisin, je ne tarde pas à reconnaître que toute trace de *Bacillus* a disparu, mais aussi que plusieurs espèces de Saccharomyces se développent simultanément. Un voile épais garnit la surface : l'examen microscopique montre qu'il est formé de *Mycoderma vini*. Le dépôt du fond montre des cellules de deux grosseurs très différentes. Une culture dans de l'eau de levure sucrée d'acidité (c'est-à-dire additionnée d'acide tartrique en quantité telle que 1 volume de liqueur est saturé par 7 volume d'eau de chaux) fait immédiatement disparaître le mycoderme, mais il reste encore deux espèces distinctes.

« La levure mélangée est portée à la température de 55° pendant une minute; après ce traitement, les plus petites cellules sont mortes, les grosses subsistent : c'est une levure pure rappelant la levure de bière, capable comme celle-ci de provoquer des fermentations vives et complètes dans les moûts sucrés. Je la désignerai par A.

« Il s'agit maintenant d'isoler la seconde espèce. Je sème la levure mélangée dans des tubes de moût d'acidité 8, 10 et 12. Dans chacun de ces tubes, il se développe un organisme formant voile à la surface à la façon du *Mycoderma vini*, mais constitué par des cellules d'une forme différente : elles sont tout à fait rondes, plus petites que les cellules de levure ordinaire; d'après leur aspect, elles peuvent appartenir à l'espèce S. *minor*. Plusieurs cultures dans les moûts d'acidité 10 et 12 ont permis d'isoler cette seconde espèce à l'état pur ; mais j'ai reconnu que ce n'était pas une levure : elle ne faisait pas fermenter le moût de bière.

« Je n'ai pas renoncé après cette expérience à mettre en évidence le S. *minor*. J'ai eu recours à une autre culture dont la semence primitive, empruntée au même levain, avait été cultivée deux fois dans du moût de raisin et une fois dans un moût d'acidité 7. Les dernières cultures ne présentaient plus du tout de voile, mais les cultures nouvelles donnaient naissance à des cellules de deux sortes. J'ai soumis cette levure mélangée au double traitement précédent. Par la chaleur j'isolais la levure A. Par des cultures plusieurs fois répétées dans des moûts d'acidité 4 et 5, j'ai isolé au contraire les petites cellules rondes. Celles-ci faisaient parfaitement fermenter le sucre ; elles appartenaient bien au S. *minor*.

« L'analyse précédente a donc fourni, outre les bactéries, qui n'ont pas été examinées, quatre organismes différents : le *Mycoderma vini*, deux véritables levures et un organisme semblable au *Saccharomyces* par sa forme, mais dépourvu de tout pouvoir comme ferment.

« Ces faits me paraissent confirmer la théorie de M. Chicandard pour le point le plus important, mais s'accordent avec ceux qu'a cités M. Moussette, pour permettre d'accuser cette théorie d'être trop exclusive. Il faut bien que la fermentation panaire *principale* ne soit pas la fermentation alcoolique pour que dans du levain de huit jours en pleine fermentation, propre à faire lever de la pâte nouvelle en quelques instants, l'examen microscopique n'ait révélé que de rares cel-

lules dont l'identification avec de la levure était douteuse ; c'est en effet ce que j'ai observé : sans les cultures il m'aurait été impossible d'affirmer avec certitude la présence du *Saccharomyces* dans ce levain; et pourtant la levure A est en grosses cellules rondes bourgeonnantes bien visibles; le *S. minor*, plus petit, est également facile à apercevoir lorsqu'il est en pleine végétation : il forme des chapelets ou des paquets de cellules rondes qu'il est impossible de confondre avec des grains d'amidon.

« Si l'abondant dégagement de gaz, qui avait considérablement multiplié le volume du levain examiné, avait été produit par les *Saccharomyces*, ceux-ci auraient dû présenter une végétation luxuriante. Les *Bacillus*, au contraire, étaient bien visibles : il n'était pas besoin de les faire multiplier par la culture pour les mettre en évidence.

« Cependant refuser tout rôle, même accessoire, à la levure, me paraît difficile quand on voit un levain de ferme, loin de toute brasserie, conserver deux espèces de levure particulières, car les deux espèces que j'ai trouvées dans ce levain sont différentes des levures de brasserie ainsi que de celles du vin.

« Une opération si peu artificielle que la fermentation du pain peut bien être complexe, comme le sont en général les fermentations et les putréfactions naturelles. A côté de la fermentation qu'on pourrait appeler *peptonique*, et que je n'hésite pas à regarder comme la plus importante, il y a place pour une fermentation alcoolique. »

L. Olivier et Ch. Richet. *Les microbes de la lymphe des Poissons marins.* — « Nous avons établi [1] que dans la lymphe des Poissons il existe des microbes. Or on admet généralement que chez les animaux il n'y a pas, à l'état normal, de microbes dans l'intimité des tissus. Il s'ensuit une contradiction apparente entre cette opinion et les faits observés par nous sur les Poissons. Ces faits nous ont donc paru réclamer des preuves rigoureuses. Ce sont ces preuves qu'après une étude de plusieurs mois nous cherchons à apporter ici.

« Aujourd'hui, nous nous bornerons à démontrer l'existence des parasites.

« I. L'examen direct donne une constatation facile et immédiate. Que l'on prenne, par exemple, un liquide lymphatique de Congre ou de Limande, et presque toujours on y verra de petits *Bacillus* courts, mobiles, à contours très nets, se colorant par les violets d'aniline, l'éosine et le picrocarminate d'ammoniaque, ayant en un mot tous les caractères extérieurs que, dans l'état actuel de la Science, on assigne à ces microbes. Il n'est possible de les confondre avec aucun cristal ni aucune autre forme organisée.

« *Observation* d'une Limande *vivante*, pêchée la veille (24 avril) à 6 kilomètres de la côte. Son sang contient de petits *Bacillus* courts. Dans sa lymphe cérébro-rachidienne, prise avec précaution, on voit, environnés d'innombrables sphérules hyalines d'une extrême petitesse, des *Bacillus*, les uns simples, d'autres articulés. Plusieurs portent des spores, tantôt à une seule extrémité, tantôt aux deux. On voit, ce qui est assez rare, quelques *Bacillus* assez mobiles pour parcourir rapidement le champ du microscope.

1. *Comptes rendus*, 5 février 1883.

« *Expérience* 1. — On injecte dans le péritoine d'un Congre 30 centim. cubes d'une solution de violet d'aniline. Deux heures après, le liquide péritonéal, tout à fait violet, contient une multitude de *Bacillus* fortement colorés. Quelques-uns d'entre eux ont des spores à leurs deux extrémités, plus colorées que le centre.

« Le liquide est conservé dans des tubes à l'abri des germes extérieurs, et, au bout d'un mois, on retrouve encore les mêmes *Bacillus* très colorés, dont on peut faire de belles préparations.

II. C'est surtout dans les liquides lymphatiques que l'on trouve ces microbes. Il y en a moins dans le liquide péricardique que dans le péritoine; il y en a moins encore, quoiqu'il y en ait souvent en assez grand nombre, dans la lymphe rachidienne et dans celle de la queue [1]. Dans le sang du cœur, il y a aussi des *Bacillus*, mais presque toujours en fort petit nombre; quelquefois même, on ne peut en découvrir.

« Comme dans tous les cas de parasitisme, il y a une très grande diversité dans la fréquence du parasite selon les individus et les espèces infestées. C'est chez les Carlets, les Congres, les Rougets, que nous avons le mieux observé les *Bacillus*.

« Outre les *Bacillus*, il y a toujours dans la lymphe et le sang de petites sphères hyalines, réfringentes. Parmi elles sont probablement des spores et des *Micrococcus*. Mais, dans ce cas, le simple examen microscopique est trop incertain pour autoriser une conclusion; aussi n'avons-nous tenu compte que de *Bacillus* à forme incontestable pour affirmer l'existence des microbes.

« III. Nous avons en outre constaté qu'il y a dans les liquides lymphatiques un ferment diastasique. L'un de nous [2] avait déjà trouvé cette diastase dans la sérosité péritonéale. Or nous avons constaté que la lymphe cérébrale et la lymphe péricardique se comportent aussi à l'égard de l'amidon comme la lymphe péritonéale. Un mélange d'empois d'amidon et de ces liquides, avec ou sans addition d'éther ou de cyanure de potassium (substances qui tuent les ferments vivants sans altérer les ferments solubles), devient en quelques heures riche en sucre. Toutefois cette propriété n'est pas constante, et, dans certains cas, les liquides lymphatiques n'agissent pas sur l'amidon.

« On ne peut guère supposer là une propriété inhérente à la lymphe. Il semble que ce soit une propriété *accidentelle*, la diastase étant sécrétée par des microbes. L'examen microscopique reçoit donc de ces faits une confirmation qui a une valeur particulière, puisque deux méthodes différentes aboutissent au même résultat.

« IV. *Cultures autogènes*. — Parmi les nombreuses expériences que nous avons faites, notons-en seulement quelques-unes : elles sont, croyons-nous, non irréprochables, mais plus exactes que les expériences faites antérieurement sur le même sujet.

1. Rappelons que le péritoine des Poissons est ouvert par le pore péritonéal ou le cloaque, et communique avec l'extérieur. En outre, le système lymphatique communique plus ou moins largement avec la cavité péritonéale.

2. Ch. Richet, *Quelques faits relatifs à la digestion des Poissons* (*Arch. de Physiologie*, 1882, p. 555).

« *Expérience* 2. — Le 19 juin, on écorche avec des ciseaux rougis la queue d'un gros Squale venant de la mer. On la trempe pendant soixante-dix secondes dans un bain de paraffine à 218°, puis on l'expose quelques instants à la flamme d'une lampe de manière à brûler la périphérie. Le fragment ainsi stérilisé quant à sa surface est plongé rapidement dans un flocon rempli de paraffine liquide. Flacon et paraffine ont été stérilisés au préalable par une température de 160° prolongée pendant deux heures et demie, et l'air n'a pu y rentrer pendant le refroidissement qu'à travers un tampon d'ouate. Le flacon n'est resté librement à l'air que pendant le temps strictement nécessaire pour introduire le poisson.

« Le 29 juin, la chair musculaire n'a aucune odeur. Elle présente l'aspect et l'odeur du poisson frais. Elle contient des *Bacillus* extrêmement nombreux, peu mobiles.

« *Expérience* 3, faite sur un Congre. — L'occlusion est réalisée dans les mêmes conditions que ci-dessus. Mais la stérilisation du fragment de queue est effectuée par l'immersion dans l'acide sulfurique pendant une demi-minute. Presque toute la peau est détruite ; puis le fragment est plongé dans l'ammoniaque caustique, enfin dans la paraffine stérilisée. Dix jours après, les chairs sont intactes, sans odeur, extrêmement acides à la périphérie, qui ne contient pas de *Bacillus*, tandis qu'au centre il y a, surtout autour du canal vertébral, de nombreux petits *Bacillus* courts, peu mobiles, se colorant par les violets d'aniline.

« *Expérience* 4. — On chauffe 25 grammes environ d'acide sulfurique avec 250 grammes de paraffine assez pour que les deux liquides se mélangent ; avant solidification, on introduit dans cette masse un fragment de Congre dont la surface a été stérilisée à la flamme. Quelques jours après, on trouve au centre du muscle des *Bacillus* peu mobiles, pas très nombreux, mais de forme très nette. Aucune odeur de putréfaction. La périphérie du muscle est très acide.

« *Expérience* 5. — Un fragment d'un gros Congre est placé dans la lessive de potasse de manière que *tout* le flacon soit rempli de liquide. On fait écouler ce liquide, et l'air ne rentre qu'à travers un tampon d'ouate stérilisée. Au bout de six jours, on trouve dans le centre du fragment musculaire des *Bacillus* mobiles, nets, qui sont surtout abondants dans le canal cérébro-rachidien. Il n'y en a pas à la périphérie.

« Il ne semble donc pas que ce soient des germes tombés de l'air qui aient ensemencé ces cultures autogènes. D'ailleurs, sur près de quatre-vingts expériences, nous n'avons presque jamais vu de putréfaction (dans deux cas seulement) ; et enfin, quoique les *Bacillus* fourmillent dans ces chairs, on ne peut ensemencer avec elles, comme avec les chairs putréfiées, les liquides de culture.

« En résumé, nous croyons pouvoir conclure qu'il y a toujours ou presque toujours des microbes dans les liquides lymphatiques des Poissons, et par conséquent dans l'intimité de leurs tissus [1]. »

Séance du 16 juillet 1883.

PAUL BERT. *Sur la cause de la mort des animaux d'eau douce qu'on plonge dans*

1. Ces recherches ont été faites au Havre, à la station maritime de Physiologie dirigée par M. Paul Bert, et à Paris dans les laboratoires de M. Vulpian et de M. Van Tieghem.

l'eau de mer et réciproquement. — « Dans l'avant-dernière séance de l'Académie (2 juillet), notre confrère M. Vulpian a présenté une Note de M. A. de Varigny « Sur l'influence exercée par les principes contenus dans l'eau de mer sur le développement des animaux d'eau douce ». Le résultat des expériences rapportées dans cette Note est que c'est au chlorure de sodium et non aux sels de potassium et de magnésium qu'est due l'action funeste de l'eau de mer sur les animaux d'eau douce.

« Je crois devoir rappeler, à ce propos, à l'Académie, les conclusions de deux communications insérées dans les *Comptes rendus* des 7 et 14 août 1871.

« J'ai prouvé :

« 1° Que, dans la mort des animaux d'eau douce plongés dans l'eau de mer, il n'y a pas, comme l'avait cru un physiologiste distingué, empoisonnement par la potasse ou la magnésie ;

« 2° Qu'une quantité donnée de sodium ou de magnésium est beaucoup plus dangereuse à l'état de chlorure qu'à l'état de sulfate ;

« 3° Que les sulfates, à la dose où ils existent dans l'eau de mer, n'ont aucune action appréciable ;

« 4° Que si l'on suppose, comme cela est possible, tout le magnésium de l'eau de mer à l'état de chlorure, ce sel jouerait un rôle dans la mort des animaux d'eau douce (les vairons y meurent en quatre heures quarante-cinq minutes);

« Que, même dans cette hypothèse, la mort aurait lieu, surtout par le chlorure de sodium formé aux dépens du reste du chlore non uni au magnésium (les vairons y meurent en trente-trois minutes) ;

« 5° Que si l'on suppose tout le chlore de l'eau de mer uni au sodium, la mort arrive dans une telle solution au bout du même temps que dans l'eau de mer pure (vingt-cinq minutes).

« D'où la conclusion que c'est le chlorure de sodium qui est, dans l'eau de mer, la substance mortelle pour les animaux d'eau douce. C'est bien, on le voit, la conclusion à laquelle est arrivé, douze ans après, M. de Varigny.

« Je ne m'en suis pas tenu là. J'ai cherché et trouvé le mécanisme de la mort des animaux d'eau douce plongés dans l'eau de mer.

« Elle a lieu, chez les animaux dont le corps est recouvert d'un mucus protecteur, par une action exosmotique sur les branchies, dont l'épithélium devient opaque, et où la circulation sanguine s'arrête. Cette action, s'exerçant sur les yeux, rend opaques les couches antérieures du cristallin.

« Chez les animaux sans mucus, comme les Grenouilles, les Têtards, etc., l'exosmose a pour conséquence une dessiccation de l'animal, qui périt après avoir perdu un quart à un tiers de son poids. On peut drainer et tuer une Grenouille en plongeant simplement une de ses pattes dans l'eau de mer.

« Ainsi, une Anguille adulte, bien intacte, vit très longtemps dans l'eau de mer; mais, pour peu qu'on ait essuyé sur quelque point du corps le mucus qui la revêt, elle périt en quelques heures.

« J'ai étudié, à ce propos, l'influence de la température de l'eau (plus elle est basse, plus les animaux résistent), de la taille des animaux (plus ils sont grands, plus les animaux résistent) et la durée de la survie d'un grand nombre d'espèces

(Poissons, Batraciens et Têtards, Crustacés, larves d'Insectes, Annélides, etc.) : l'Anguille, puis le Saumon et l'Epinoche se sont montrés particulièrement résistants ; l'Ablette est, au contraire, le plus susceptible de Poissons.

« J'ai fréquemment rappelé ces faits et répété ces expériences dans les cours publics et les conférences de laboratoire.

« Je me suis également occupé de l'accoutumance, dont M. de Varigny dit quelques mots dans sa Note.

« En ajoutant chaque jour à l'eau douce dans laquelle vivaient des poissons, Têtards, Crustacés, etc., et aussi des Conferves, de petites quantités d'eau de mer, j'étais arrivé, à l'époque où j'ai publié mes premières Notes, à une demi-accoutumance. Je veux dire par là que ces êtres continuaient à vivre dans une eau progressivement salée où périssaient rapidement ceux de même espèce quand on les y plongeait au sortir de l'eau douce.

« Depuis, j'ai obtenu une accoutumance entière : c'est-à-dire que les animaux ainsi lentement transformés par leur séjour dans l'eau amenée à un degré de salure un peu supérieur à la moitié de celui de l'eau de mer périssaient quand on les remettait dans l'eau douce, leur milieu primitif. Ces expériences ont été faites sur de petits Crustacés, les *Daphnies puces*.

« Ces animaux m'ont présenté un phénomène très intéressant.

« Quand l'eau douce où ils vivent est arrivée en quelques jours à un degré de salure correspondant environ au tiers de celui de l'eau de mer, ils meurent tous assez rapidement ; mais quelques jours plus tard on voit reparaître des Daphnies nouvelles, qui proviennent des œufs de celles qui sont mortes. Il y a ainsi acclimatation, non dans l'individu, mais dans l'espèce [1]. Ces Daphnies diffèrent notablement par la taille de celles qui les ont précédées ; mais l'examen microscopique n'a fait reconnaître aucune modification appréciable dans leur structure.

« Les Infusoires (Paramécies, Kolpodes, Vorticelles, Diatomées) de l'eau douce et les Conferves résistent parfaitement à un degré de salure qui tue les Poissons et les Crustacés. Il en est de même des Notonectes, des Arachnides aquatiques, et à un moindre degré des larves de Cousins et de Chironomus.

« En général, le degré de salure plus ou moins rapidement mortel pour les animaux d'eau douce correspond environ au tiers de celui de l'eau de mer. On peut assez aisément les amener à vivre dans l'eau progressivement salée jusqu'à un degré de salure un peu supérieur à la moitié de celui de l'eau de mer. Au delà, on éprouve les plus grandes difficultés à obtenir l'acclimatation, et il faut ralentir beaucoup la salure ; elle ne doit pas être de plus de 0 gr. 1 par litre et par jour.

« Ayant ainsi déterminé complètement, dès 1871, la cause et le mécanisme de la mort des animaux d'eau douce immergés dans l'eau de mer, je me suis occupé du problème inverse, je veux dire de la mort des animaux d'eau de mer que l'on plonge dans l'eau douce.

« J'ai vu que, inversement, c'est la suppression du chlorure de sodium qui occasionne la mort. Je n'ai pu le remplacer ni par les sels de soude, ni par ceux de

1. Je crois que ce fait a déjà été observé par M. Plateau, mais je n'ai pu m'en assurer.

magnésie, ni par le sucre, la glycérine et autres substances destinées à donner à l'eau douce la densité de l'eau de mer.

« L'eau douce agit par endosmose exagérée, gonflant les branchies des Poissons, où la circulation s'arrête, et aussi celle des Mollusques et des Annélides, rendant opaques les épithéliums transparents, supprimant la contractilité des chromatophores des Céphalopodes, des muscles des Annélides, de l'Amphioxus, etc.

« J'ai commencé des expériences sur l'acclimatation des animaux d'eau de mer dans l'eau douce. Elles m'ont donné des résultats analogues à celles que je viens de rapporter dans le cas inverse; c'est-à-dire que l'acclimatation se fait assez facilement jusqu'à une diminution d'un tiers environ dans la salure de l'eau de mer, et qu'au delà la mort arrive très aisément.

« J'ai, du reste, recommencé depuis quelques semaines ces expériences au laboratoire du Havre. J'en ai mis d'autres en train, qui, je crois, n'ont jamais été tentées depuis Beudant. Elles consistent à étudier l'action sur les animaux marins d'une augmentation progressive dans la salure de l'eau de mer elle-même.

« Ces diverses recherches présentent un grand intérêt, non seulement au point de vue de la physiologie des épithéliums, mais pour l'histoire générale des êtres aquatiques pendant l'époque actuelle et dans les temps géologiques. »

J. Lichtenstein. *Les migrations des pucerons confirmées. Evolution biologique complète du puceron de l'ormeau* (Tetraneura Ulmi, Aut.). — « Depuis plusieurs années, j'ai entretenu l'Académie d'idées nouvelles sur l'évolution biologique des pucerons. Ces idées ont été repoussées par quelques entomologistes, accueillies avec faveur par d'autres. Entre ces derniers, M. le professeur Kessler, de Cassel, me fait l'honneur de mettre en sous-titre, aux dernières observations qu'il a publiées sur les pucerons du cornouiller et du pommier (*Puceron lanigère*) : *confirmation de la théorie lichtensteinienne*.

« Un autre savant, M. le professeur G. Horvath, directeur de la station phylloxérique hongroise, a pu observer, en 1882, en automne, que des pucerons qui vivent en été aux racines du maïs, prenaient des ailes et se rendaient sur le tronc des ormeaux, sur lesquels ils déposaient des individus sans rostre et sexués. Croyant, vu la plante attaquée, qu'il avait affaire au puceron des racines du maïs (*Pemphigus Zeæ-maydis*, Léon Dufour, d'après Lön), il publia, dans une Revue d'entomologie française, le fait intéressant qu'il avait observé; il concluait en disant : « Le *Pemphigus* des racines de maïs émigre de cet habitat souterrain au « tronc des ormeaux, mais j'ignore ce qu'il devient après. »

« Sur cette indication, j'ai dû chercher à faire la contre-épreuve. Comme l'ormeau, ici comme en Hongrie, ne nourrit qu'une seule espèce de Pemphigus (*P. pallidus*, Haliday, *sub Ericsoma*), je ne doutais pas que, en recueillant cette espèce au sortir de la galle et l'obligeant à pondre sur le maïs, je ne dusse obtenir la phase souterraine observée par Horvath. Cependant j'échouai complètement; pas un des mille petits Pemphigus que je mettais sur les racines du maïs ne se fixait. J'avais pourtant installé mes essais à la Réaumur, et avec tout le soin dont j'étais capable, en semant le maïs dans des récipients en verre, ce qui me permettait d'observer à la loupe les racines appliquées contre la paroi transparente du vase.

« J'étais fort désappointé, et, comme j'avais mon installation prête, j'étendis ces mêmes essais aux diverses espèces qui vivent sur l'ormeau, qui sont au nombre de quatre : deux *Schizoneura*, *ulmi* et *lanuginosa ;* deux *Tetraneura*, *rubra* et *ulmi*. Les trois premières espèces moururent, comme le *Phemphigus*, sans se fixer sur les racines du maïs; mais, à ma grande satisfaction, je vis les larves de la quatrième espèce, le *Tetraneura ulmi*, se fixer et grossir assez rapidement, en se couvrant de la sécrétion laineuse ou cotonneuse, si fréquente dans ce groupe d'insectes. J'écrivis immédiatement à M. Horvath : « La contre-épreuve de votre « découverte ne me réussit pas pour le *Pemphigus* de l'ormeau; êtes-vous sûr de « ne pas vous tromper? Envoyez-moi l'insecte ailé qui émigre des racines du maïs « à l'ormeau. »

« Grâce à la méthode de conservation que j'ai inventée pour les expéditions de pucerons dans une goutte de baume de Canada, entre deux petits morceaux de mica, format timbre-poste, mon collègue de Budapest m'envoyait ce qu'il avait cru être le *Pemphigus Zeæ-maydis*. Comme je le pensais, il a fait erreur; ce qu'il a découvert aux racines de maïs est une *Tetraneura*, puisque les ailes inférieures n'ont qu'une nervure au lieu de deux, comme doivent les avoir les insectes du genre *Pemphigus*. De plus, la taille, la forme des antennes, l'absence de filières sur l'abdomen m'indiquent que c'est le *Tetraneura ulmi* et non pas le *Tetraneura rubra*, dont j'ai découvert l'habitat souterrain l'année passée et qui vit aux racines du chiendent.

« Voilà donc l'histoire complète de l'évolution biologique d'un second puceron de l'ormeau, découverte on peut dire simultanément en France et en Hongrie, et qui avait déjà été bien élucidée par M. Kessler de Cassel, mise maintenant hors de doute; à la suite du *Phylloxera quercus*, de l'*Anopleura Lentisci*, du *Tetraneura rubra*, dont j'ai signalé les migrations d'une espèce de chêne à une autre, ou des racines de graminées au lentisque et à l'ormeau, voici le *Tetraneura ulmi*, qui émigre en juin des galles de l'ormeau aux racines du maïs et qui revient en octobre, sous forme pupifère, apporter les sexués sur le tronc des ormeaux.

« Quant au *Pemphigus Zeæ-maydis*, sa forme gallicole, c'est-à-dire les phases fondatrices et émigrantes, restent encore à trouver. »

Ch. Musset. *Fonction chlorophyllienne du* Drosera rotundifolia. — « Sur la tourbe en formation qui tend à combler le lac Lieutel, au col de Prémol en Dauphiné et à une altitude de 1300 mètres, croît en abondance le *Drosera rotundifolia*. Placée par Ch. Darwin en tête des *plantes insectivores*, cette plante devait particulièrement attirer mon attention; aussi, depuis trois ans, je m'en suis fait, chaque été, tant sur place que dans le laboratoire, l'observateur patient, afin d'en surveiller les mouvements et son singulier régime. Ma déception est profonde, car je dois dire, à ma très grande surprise, qu'à l'œil nu et armé je n'ai jamais pu voir un seul insecte capturé par les *tentacules* de ses feuilles; ce que j'ai vu de temps à autre, ce sont des débris des végétaux environnants, entre autres de *Polytric* et de *Sphaigne;* or, comme cette plante germe, croît, fleurit et fructifie en abondance surtout du côté du lac le plus rapproché de la forêt de Sapins, l'idée m'est venue d'étudier sa *fonction chlorophyllienne* en la comparant à celle des plantes sur les-

quelles et à côté desquelles elle naît, vit et meurt. C'est, en effet, à cette fonction que toute plante, non parasite, doit la presque totalité de ses tissus et de leurs contenus.

« Voici, en peu de mots, mon mode d'expérimentation et ses résultats :

« Dans cinq entonnoirs à tube fermé et gradué, je mets 1 gramme de feuilles : 1° de *Drosera;* 2° de *Carex pauciflora;* 3° de *Sphagnum capillifolium;* 4° de *Polytrichum commune;* 5° d'*Oxyoccus palustris*. Cette dernière plante vit côte à côte avec le *Drosera* et sur les trois autres comme substratum; de plus, le *rachis* rouge de ses feuilles présente une nouvelle analogie avec les feuilles adultes du *Drosera*. Celles-ci, en effet, naissant en préfoliation *circinée*, restent *vertes* pendant plusieurs jours après leur étalement; mais en vieillissant, les émergences *tentaculoïdes* d'abord, puis les pétioles deviennent, sauf sur certains points, d'un rouge vif; cette teinte n'envahit que plus tard la page supérieure et finalement la page inférieure. Le microscope montre sur les deux épidermes, supérieur et inférieur, de nombreux stomates, à structure normale, mais jamais sur l'épiderme des tentacules glanduleux. Les organes de l'assimilation sont donc bien développés; étudions leur fonction.

« Je remplis les entonnoirs de l'eau même du lac et je les renverse sous cette eau dans des coupes également en verre. Par une température de 35 à 40 C, le dégagement de l'oxygène commence aussitôt, par petites bulles pour les *Polytrics* et les *Sphaignes*, et par grosses bulles pour le *Drosera*, dont les tentacules opposent momentanément un obstacle à l'ascension des molécules gazeuses.

« *Toutes choses étant égales d'ailleurs*, il est facile de comparer les effets de la lumière en lisant sur les tubes gradués le volume de l'oxygène dégagé dans un temps donné; or les cinq plantes différentes, fonctionnant en poids égaux, m'ont donné des volumes d'oxygène que l'on peut dire égaux, tant la différence est minime. Cette expérience, répétée deux fois dans le même jour, a donné, pour un temps de deux heures chacune, environ 3 centimètres cubes d'oxygène dégagé par chacune des cinq espèces de plantes.

« La même expérience, renouvelée trois fois dans mon laboratoire, a donné des résultats dont le sens est identique à celui des expériences faites sur le lac Lieutel. Enfin j'ai soumis, toujours dans les mêmes conditions de poids, les feuilles de ces cinq plantes sociales, à l'influence des divers rayons de la lumière blanche, et cette fois encore les radiations *jaune* et *orangé* se sont montrées les plus actives, et la radiation *verte*, comme toujours, la moins efficace, pour ne pas dire nulle.

« En résumé, les feuilles du *Drosera rotundifolia* ne m'ont jamais montré un seul insecte capturé, et leur fonction chlorophyllienne a la même intensité que celle des plantes sur lesquelles elle naît et meurt. »

J. Vesque (présenté par M. Duchartre). *Sur le rôle physiologique des ondulations des parois latérales de l'épiderme.* — « Les ondulations souvent très fortes des parois latérales des cellules de l'épiderme, et qui se présentent d'une manière à peu près constante dans un grand nombre de végétaux, quoiqu'elles soient fortement influencées par le milieu, exercent depuis longtemps la sagacité des physio-

logistes ; mais on n'est pas parvenu jusqu'à présent à se former une opinion plausible sur leur rôle physiologique. On enseigne presque généralement qu'elles concourent à la solidité (résistance à la traction) de l'épiderme, parce que les cellules sont engrenées les unes dans les autres comme les os du crâne. Cette singulière doctrine ne résiste pas à un examen sérieux ; il faudrait pour cela que les cellules épidermiques fussent des corps rigides, de forme immuable.

« De nombreuses observations anatomiques m'ont conduit à admettre que l'épiderme des feuilles est très fréquemment chargé d'accumuler de l'eau pour les besoins futurs de la transpiration, qu'il est par conséquent souvent l'un des organes de la réserve transpiratoire (considérée comme fonction physiologique).

« Rappelons-nous le mécanisme de la transmission de l'eau dans les tissus parenchymateux. Lorsque les parois humides d'une cellule perdent de l'eau, elles en empruntent une certaine quantité au suc cellulaire ; le volume de la cellule diminue ; il se produit des déformations dont la nature dépend de la forme géométrique qu'elle présente et des divers épaississements ou accidents de sa membrane. La paroi élastique, tendant à reprendre sa première forme, constitue un appareil de succion, qui permet à la cellule de prendre de l'eau à ses voisines moins appauvries.

« Les cellules tabulaires de l'épiderme se trouvent sous ce rapport dans une situation particulièrement défavorable. J'ai eu l'idée de rechercher si les ondulations des parois latérales ne facilitent pas les changements de volume des cellules épidermiques. Le résultat de l'expérience a été franchement affirmatif.

« J'ai construit deux prismes en papier Bristol, l'un à base hexagonale régulière, l'autre dont la base, de même surface, était une étoile hexagonale. Ces prismes, reposant sur une planchette horizontale percée d'un trou, étaient traversés de haut en bas par un fil de fer très fin, retenu en haut par un petit disque de métal et dont l'extrémité inférieure était sollicitée par des poids : le petit disque appuyait donc plus ou moins fortement au centre de la face supérieure. En mesurant de combien ce centre s'abaisse, j'ai obtenu les nombres suivants :

« 1° *Prisme à base en hexagone régulier.* — Diamètre du cercle circonscrit : 86 millimètres.

Charge.	Abaissement du centre.
gr	mm
10	0,3
20	0,42
50	0,80
100	1,26
200	1,81

« 2° *Prisme à base en étoile hexagonale.* — Diamètre du cercle circonscrit : 105 millim. 5 ; diamètre du cercle inscrit : 66 millimètres.

Charge.	Abaissement du centre.
gr	mm
10	0,5
20	0,58

Charge.	Abaissement du centre.
gr	mm
50	1,08
100	1,78
200	2,94

« Il est donc bien démontré qu'à surface égale une cellule à parois onduleuses est beaucoup plus apte à changer de volume qu'une cellule à parois rectilignes, à base polygone convexe.

« Je n'ai remarqué aucune déformation des parois latérales elle-mêmes ; quant à celle de la face externe, elle est très caractéristique, surtout dans le cas du polygone étoilé. Comme on pouvait le prévoir, il se forme autant de plis rayonnants qu'il y a d'angles sortants : les concavités correspondant aux angles sortants, les convexités aux angles rentrants.

« Il est évident que l'effet contraire se produit lorsque, au lieu de diminuer le volume de la cellule, on l'augmente, ou lorsqu'on diminue le volume d'une cellule dont la face externe est bombée au lieu d'être plane : les convexités des plis correspondent alors aux angles sortants et les faces de gauchissement aux angles rentrants.

« Ces expériences faites sur des cellules grossièrement construites devaient être contrôlées sur le vif. Il est malheureusement très difficile de suivre au microscope, sur une feuille intacte, des changements de niveau aussi faibles. Pour rendre le phénomène plus sensible, j'ai argenté une feuille de *Dahlia* (le *Dahlia* se prête très bien à cette expérience, parce qu'il est facilement mouillé), pour l'observer ensuite à la lumière réfléchie. L'argenture est tellement parfaite que non seulement les cellules bombées, mais les moindres accidents cuticulaires, perles ou stries, sont exactement moulés. A chaque cellule correspond une petite figure brillante sur fond noir et qui, à mesure que la feuille se fane, se dilate, s'épanouit en un système de lignes brillantes, unies au milieu et divergeant vers les angles saillants.

« Si l'on veut répéter cette expérience, on fera bien de n'argenter qu'une partie de la feuille, parce que l'enduit métallique paraît être à peu près imperméable et que la fanaison ne se produirait qu'au bout d'un temps très long. L'argenture est obtenue à froid et très rapidement par la réduction du nitrate d'argent ammoniacal par l'hydrogène phosphoré.

« Rattachons à ces observations expérimentales quelques faits anatomiques qui trouveront ainsi tout naturellement leur explication.

« Lorsque la paroi externe présente des ponctuations, elles occupent le fond sinuosités, c'est-à-dire les endroits où la traction est moins forte ; lorsqu'au contraire il y a des épaississements locaux, ils partent des parois latérales, le long des parties convexes, pour se perdre en manière de chapiteaux dans la paroi externe.

« Je termine cette Note en faisant remarquer que nous avons là un bel exemple de l'indépendance entre la cause qui produit un changement dans la structure des végétaux et l'utilité physiologique éventuelle de ce changement anatomique. »

Séance du 23 juillet 1883.

A. Fauvel. — *Sur l'épidémie de choléra qui règne en Egypte et sur les chances que l'Europe a d'en être préservée.* — « Lorsque, dans le Mémoire lu à l'Académie des sciences le 28 mai dernier, j'exprimais la crainte de voir prochainement supprimées, sous la pression des intérêts mercantiles de l'Angleterre, aujourd'hui prépotents en Égypte, les garanties qui, depuis, 1865, avaient préservé ce pays des atteintes du choléra, je ne pensais pas être si près du jour où mes craintes allaient être réalisées ; j'avais principalement en vue le prochain pèlerinage de la Mecque, qui doit avoir lieu au mois de septembre, et nous insistions pour que rien ne fût changé aux dispositions préventives de l'année dernière.

« Malheureusement la loi que j'ai établie touchant le rôle des foyers endémiques de choléra dans l'Inde avait jusqu'à ce jour été méconnue à Constantinople et en Égypte. On y admettait jusqu'à un certain point la doctrine commerciale anglaise qui considérait comme entièrement inoffensifs ces foyers endémiques, tant qu'ils ne sont pas le siège d'une épidémie. Or, ainsi que je l'ai démontré dans mon Mémoire du 28 mai, comme jamais le choléra n'y prend les proportions d'une importante épidémie, les autorités indiennes en profitent pour délivrer toujours des patentes nettes aux navires partant de ces foyers, notamment de Bombay, et cela malgré les nombreux exemples prouvant combien cette doctrine est erronée et dangereuse.

« Un incident est venu accentuer la prépotence de l'autorité anglaise au Conseil international d'Alexandrie déjà en partie désorganisé et soumis à son influence.

« A l'occasion d'une recrudescence cholérique survenue à Bombay en avril et en mai, le Conseil sanitaire de Constantinople et celui d'Alexandrie avaient décidé qu'il y avait lieu de soumettre à la quarantaine les provenances de Bombay. Mais l'autorité anglaise intervint à ce sujet et à propos de pèlerins indo-javanais que le Conseil voulait maintenir en quarantaine.

« Par l'entremise de son délégué, l'autorité anglaise prétendit que, la question n'étant pas prévue par le règlement, le Conseil n'avait pas le droit de la trancher d'urgence et qu'il fallait la renvoyer à l'étude d'une Commission spéciale, c'est-à-dire de l'ajourner indéfiniment. Et comme un certain nombre de membres protestaient contre cette prétention, le délégué anglais et ses adhérents quittèrent la séance de manière que le Conseil ne se trouvât plus en nombre pour voter.

« Cette tactique fut renouvelée plusieurs fois, la dernière avec menaces de la part du délégué anglais : si bien que, grâce à la suspension de toute action du Conseil sanitaire, l'omission de toute précaution contre les provenances de l'Inde eut lieu dès la fin du mois de mai. La Porte, instruite de ce qui se passait, fit des menaces de représailles contre l'Égypte, et l'administration égyptienne se décida à rétablir, du moins en apparence, les mesures supprimées ; mais il était trop tard, et bientôt le choléra éclatait à Damiette.

« De notre côté, avertis par M. Guillois de l'état des choses au Conseil d'Alexan-

drie et des conséquences qui allaient en résulter, des démarches allaient être faites dans le but d'y remédier, lorsque la nouvelle nous parvint de l'apparition du choléra à Damiette.

« On put croire un instant qu'il ne s'agissait que d'une épidémie locale cholériforme, due à des causes d'insalubrité; mais bientôt le caractère et la marche de la maladie ne laissèrent plus de doute sur sa nature : c'était le choléra asiatique avec son caractère envahissant.

« Bien plus, il fut permis de remonter à la source du mal et de reconnaître qu'il avait été importé par des marchands de Bombay venus pour une foire qui se tient à cette époque au voisinage de Damiette; on constata en outre qu'un chauffeur débarqué d'un navire anglais suspect s'était rendu à Damiette. Ainsi, selon toute vraisemblance, le choléra a été importé en Égypte par les provenances de Bombay. Je laisse à chacun le soin de juger à qui incombe la responsabilité de cette importation.

« C'est en vain que le gouvernement anglais, intéressé à ne voir dans l'épidémie qui s'était manifestée à Damiette que le résultat de causes d'insalubrité locales, fit intervenir l'autorité d'un des plus éminents médecins de l'Angleterre, qui vint affirmer en plein Parlement que l'épidémie en question, due à des causes d'insalubrité, resterait localisée et n'aurait pas de suites. La marche de la maladie est venue bientôt démentir les affirmations un peu hasardées du médecin dont je parle; tant il est vrai qu'un mérite éminent, sans une connaissance complète du sujet, ne suffit pas pour trancher une pareille question.

« L'Académie sait par les journaux quels développements l'épidémie a pris depuis le commencement de juillet. Après des tentatives infructueuses pour en arrêter l'extension au moyen de cordons sanitaires, frappés eux-mêmes par la maladie, le choléra a fait invasion au Caire vers le 14 juillet. On sait déjà avec quelle rapidité il s'y propage, mais on ignore encore dans quelles proportions, attendu que l'autorité anglaise, qui s'est emparée du service sanitaire, ne publie que ce qu'il lui convient de faire connaître.

« Il est certain toutefois qu'au Caire l'épidémie prendra de grandes proportions et que de ce foyer la maladie va s'étendre à toute l'Égypte. Le premier soin de l'autorité anglaise a été de mettre autant que possible les troupes britanniques à l'abri de l'épidémie, en les envoyant camper dans l'isolement à quelque distance de la ville. On affirme cependant que quelques hommes parmi ces troupes auraient déjà été atteints.

« Quoi qu'il en soit, il n'est pas douteux qu'Alexandrie, où le choléra a décidément fait son apparition, ne soit bientôt généralement envahie, et qu'alors commencera pour l'Europe la période de grand danger. C'est ici que se pose pour nous la question des chances que nous avons d'y échapper.

« Je constate d'abord qu'aujourd'hui l'Europe est entièrement exempte du choléra asiatique qui règne en Égypte, car il faut bien se garder d'ajouter foi aux bruits qui sont répandus par l'ignorance et qui se rapportent à des accidents cholériformes qu'on observe chaque année à pareille époque et qui n'ont qu'une analogie grossière avec le choléra asiatique proprement dit. La maladie ne s'est donc pas encore propagée hors de l'Égypte.

« En 1865, la propagation fut très rapide; mais l'Europe n'était pas alors préparée à se défendre, et elle fut envahie sur plusieurs points à la fois.

« Aujourd'hui, il n'en est plus de même : l'Europe, avertie à temps, est préparée à se défendre par des moyens préventifs des plus énergiques; on peut même dire qu'à certains égards ces moyens sont exagérés et que, sous ce rapport, l'Angleterre paye chèrement la faute qu'elle a commise en Égypte. Pour avoir voulu épargner certaines mesures de précaution à quelques-uns de ses navires venant de l'Inde, tout son commerce est rudement frappé. C'est une punition méritée qui lui aurait été épargnée si elle avait tenu compte des avertissements réitérés qui lui ont été donnés.

« Les prescriptions quarantenaires, comme je viens de le dire, sont plutôt exagérées qu'insuffisantes partout en Europe, et si l'on en jugeait, par la sévérité de ces prescriptions, on pourrait se croire parfaitement garanti de l'invasion du fléau; malheureusement autre chose est la prescription, autre chose est l'exécution, et il est à craindre que celle-ci ne fasse défaut sur quelques points.

« Le danger de l'invasion du choléra est en grande partie proportionné à la distance du point infecté. C'est ainsi que la *Syrie*, par sa proximité de l'Égypte, est le pays le plus menacé par les personnes provenant de l'Égypte. Il y a bien un grand lazaret à Beyrouth où les provenances d'Égypte sont reçues; le sultan vient d'organiser une croisière destinée à surveiller la côte; néanmoins rien n'empêchera des fuyards montés sur des barques d'aborder la Syrie.

« Ce pays est donc le premier menacé.

« En revanche, il est possible d'y circonscrire le fléau, comme on l'a déjà fait plusieurs fois; de sorte que l'extension du choléra en Syrie ne compromettrait pas nécessairement l'Europe.

« Je n'en dirai pas autant de *Constantinople* si, malgré les barrières qui en défendent les approches, le choléra venait à y pénétrer. C'est en vain que la *Russie* par ses quarantaines dans la mer Noire, que la *Roumanie* et la *Bulgarie*, celle-ci par des mesures où se trahit une intention politique, chercheraient à se garantir du fléau.

« Celui-ci se ferait jour malgré les barrières plus apparentes que réelles dans ces pays où le terrain est tout préparé pour le recevoir.

« Vient ensuite la *Grèce*, qui, depuis la guerre de Crimée, où notre armée lui apporta le choléra, a réussi à se garantir des épidémies ultérieures.

« Sa position quasi insulaire, ses relations commerciales limitées y favorisent les mesures d'isolement. Il est donc infiniment probable que la *Grèce* réussira encore cette fois à se préserver.

« Dans la mer Adriatique et notamment à *Trieste*, les garanties sont moins certaines; et il est à craindre que, à raison des intérêts commerciaux prédominants, la mise à exécution des mesures prescrites à *Trieste* ne laisse beaucoup à désirer. C'est un des points faibles de la défense européenne.

« L'*Italie* a édicté dernièrement les précautions les plus sévères contre les provenances contaminées; il est certain que le gouvernement fera tous ses efforts pour les faire exécuter. Mais que peuvent les bonnes intentions du gouvernement italien avec des moyens d'action insuffisants et contre les habitudes invétérées des



agents chargés de l'exécution? Et, comme la masse des fuyards se dirigera vers les ports d'Italie, il est à craindre que ce pays ne devienne la porte d'entrée du choléra en Europe.

« Je laisse de côté l'*Espagne*, qui se défend par des moyens qu'on peut qualifier d'exagérés, mais où la distance et le peu de relations avec l'Égypte constituent encore les principales garanties contre l'importation directe de la maladie.

« Quant au littoral français, les mesures qu'on y pratique depuis le début de l'épidémie permettent d'affirmer qu'il y a bien peu de chances pour que le choléra pénètre en France de ce côté.

« Mais il ne faut pas perdre de vue que cette barrière générale, aujourd'hui très puissante, n'aura plus qu'une efficacité restreinte le jour où le choléra aurait pénétré en Europe.

« Dès lors, aucun obstacle sérieux ne pourrait être opposé à sa marche envahissante par les moyens de communications rapides qui unissent entre elles toutes les parties de l'Europe : il ne resterait plus dans chaque pays qu'à se préparer à en diminuer les ravages par des mesures d'hygiène appropriées.

« Ainsi l'intérêt capital du moment consiste à prévenir l'invasion en Europe par un point quelconque de son territoire.

« On a beaucoup agité la question de savoir si l'Angleterre, par le fait de son obstination à ne prendre chez elle aucune mesure de quarantaine contre les provenances des pays infectés, ne pourrait pas en ce moment être la voie d'introduction du choléra qui se propagerait ensuite au continent.

« Je ne partage pas cette crainte. On ne doit pas perdre de vue que l'Angleterre est en relations constantes avec les pays indiens où règne le choléra sans qu'il en soit jamais résulté une importation de la maladie. La durée du voyage entre *Port-Saïd* et l'Angleterre n'est pas moindre que quatorze jours pour les paquebots rapides.

« Or après quatorze jours sans accidents cholériques à bord, il n'y a plus aucune chance d'importation par les *personnes*, et, comme le gouvernement anglais déclare qu'en cas de cargaison suspecte il a ordonné des mesures de désinfection, presque tout danger est écarté de ce côté.

« L'histoire du choléra en Angleterre nous montre en effet que, toutes les fois que ce pays a été le théâtre d'une épidémie cholérique, c'est quand la maladie régnait dans les mers du nord de l'Europe que l'invasion a eu lieu. Ainsi les craintes exprimées aujourd'hui du côté de l'Angleterre sont contredites par l'expérience.

« Après les considérations qui précèdent, peut-on affirmer qu'il y ait encore des chances sérieuses pour l'Europe d'échapper à l'épidémie qui la menace?

« En tenant compte des lois auxquelles sont soumises les épidémies de choléra, je n'hésite pas à répondre par l'*affirmative*. Une de ces lois est que plus une épidémie de choléra a une extension rapide et sévit avec violence dans un pays, plus sa durée est courte et son extinction rapide.

« Telle fut l'épidémie de 1865 en Égypte, où les médecins envoyés d'Europe n'eurent pas le temps d'arriver pour y observer la maladie.

« A voir ce qui se passe aujourd'hui, il est probable qu'il en sera de même

pour l'épidémie actuelle et que d'ici à un mois ou six semaines au plus le choléra sera éteint en Égypte.

« Je n'irai pas jusqu'à dire qu'après ce temps tout danger aura disparu pour l'Europe, car il y aura encore pendant quelque temps des cas retardataires, et la désinfection du pays ne sera pas complète, mais le danger d'exportation sera considérablement diminué et la défense sera devenue plus facile.

« Il est donc permis d'affirmer que, si l'Europe continue à se bien défendre pendant un mois encore, elle aura des chances sérieuses pour échapper au choléra.

« En *résumé*, l'épidémie de choléra asiatique qui sévit en Égypte aujourd'hui y a été *importée de l'Inde.*

« Cette importation est la conséquence de la *suppression des mesures préventives* qui défendaient ce pays.

« La *responsabilité* en revient tout entière à l'autorité anglaise, venant à l'appui de la doctrine mercantile imaginée dans l'Inde.

« L'Europe aujourd'hui est grandement menacée de l'invasion du fléau; mais, grâce aux mesures défensives instituées de toutes parts et à la probabilité que l'épidémie n'aura qu'une courte durée en Égypte, *il y a espoir fondé* que l'Europe ne sera pas envahie. »

BOCHEFONTAINE, B. FERIS et MARCUS. — *Propriétés physiologiques de l'écorce du* Douandaké *et de la* doundakine.

« Le Doundaké est un arbrisseau (Rubiacée?) de la côte occidentale d'Afrique; son écorce, employée empiriquement comme fébrifuge par les indigènes du Rio-Nunez, est rouge orangé, d'une saveur fortement amère, et formée de lamelles superposées qui se détachent facilement les unes d'avec les autres. M. Engel a soupçonné la présence d'un alcaloïde dans l'écorce, où Venturini a cru trouver de la *salicine.*

« Nous devons à l'obligeauce de M. Corre une certaine quantité d'écorce du Doundaké, dont nous avons pu isoler une base organique par le procédé suivant :

« L'écorce pulvérisée est soumise à la décoction dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique. Le liquide filtré est traité par la chaux. Le précipité est recueilli sur une toile, égoutté et comprimé; le tourteau séché est épuisé par l'alcool au bain-marie. La solution alcoolique, concentrée par distillation, puis évaporée dans le vide, abandonne une substance que l'on purifie par de nouvelles évaporations.

« On obtient ainsi une poudre jaunâtre, formée de cristaux rhomboédriques visibles au microscope. Cette substance, d'un goût amer, soluble dans l'eau et dans l'alcool, possède une réaction alcaline. Elle précipite par la liqueur de Winkler les acides phosphotungstique et phosphomolybdique, mais elle ne se trouble pas au contact du réactif de Bouchardat. On peut, croyons-nous, la classer parmi les alcaloïdes et lui donner le nom de *doundakine*.

« C'est en vain que nous avons recherché la salicine dans l'écorce du Doundaké.

« Nous avons étudié les proprétés physiologiques de l'écorce du Doundaké avec des extraits hydro-alcooliques et avec la doundakine, sur des Batraciens et des Mammifères.

« Chez la grenouille, l'injection hypodermique d'une quantité d'extrait représentant 2gr d'écorce détermine la mort au bout de trente-six heures. Chez un jeune cobaye de 100gr, l'extrait de 1gr d'écorce entraîne la mort après quinze minutes.

« 0gr,008 de doundakine, soit 2gr d'écorce, ont tué une grenouille dans l'espace de vingt six-minutes. Un cobaye de 700gr a succombé dans l'espace de vingt-quatre heures à l'injection hypodermique de 0gr,034 de doundakine.

« Les effets physiologiques produits par les extraits d'écorce de Doundaké et par la doundakine sont identiques et peuvent être résumés ainsi :

« *Première période.* — Chez la grenouille, au bout de deux à cinq minutes, on constate un peu d'affaiblissement général, la diminution des mouvements spontanés et refléxes; bientôt l'animal est incapable de reprendre son attitude normale. A ce moment, il garde la position que lui donne l'expérimentateur, si bizarre et anormale qu'elle puisse être. Ainsi, on place une grenouille sur l'épaule et la cuisse d'un côté, le bras du côté opposé restant en l'air; on l'assied sur le train postérieur, tout le corps dressé portant surtout sur la cuisse d'un côté; on appuie un de ses membres supérieurs sur une petite béquille et on lui joint les doigts : l'animal conserve indifféremment l'une ou l'autre de ces attitudes pendant un temps qui peut aller jusqu'à vingt-quatre heures. Cependant la contractilité musculaire ainsi que l'excitomotricité nerveuse sont conservées, et les battements du cœur ne sont pas sensiblement modifiés.

« *Deuxième période.* — Cette première période est fatalement suivie d'une seconde dans laquelle l'état particulier qui vient d'être décrit disparaît pour faire place à une résolution complète. Les mouvements respiratoires sont irréguliers puis intermittents; ils deviennent très lents et s'arrêtent, tandis que les battements du cœur un peu ralentis sont réguliers. Les mouvements réflexes sont abolis progressivement, enfin le cœur cesse de battre.

« Si l'on répète la même expérience sur des grenouilles dont on a enlevé l'encéphale, on obtient les mêmes résultats. Si, au contraire, on a sectionné préalablement la moelle épinière au niveau du bec du calamus, la grenouille meurt sans avoir présenté aucun phénomène de catalepsie.

« Chez le cobaye, on observe d'abord les mêmes phénomènes que chez la grenouille, puis l'état que nous avons décrit sous le nom de *cataleptique*, mais beaucoup moins accusé et moins persistant. Il survient aussi quelquefois de petits mouvements convulsifs. Le fait capital de l'intoxication est le ralentissement progressif et l'arrêt de la respiration qui se produisent alors que les battements du cœur sont parfaitement réguliers. Enfin le cœur s'arrête peu à peu, et l'animal meurt.

« Chez le chien, on a fait des injections intraveineuses de solutions d'extrait représentant 50gr d'écorce de Doundaké. Les tracés hémodynamométriques ont indiqué tout d'abord un abaissement brusque de la pression sanguine intra-artérielle avec ralentissement du pouls; ensuite une pression au-dessus de la normale avec accélération des systoles cardiaques; enfin une diminution graduelle de plusieurs centimètres de mercure pendant laquelle les battements du cœur deviennent irréguliers. Bientôt le cœur est rentré dans l'ordre, et l'animal laissé en liberté a présenté la démarche d'un chien éthérisé. La sensibilité générale est extrêmement affaiblie, presque éteinte; l'animal reste debout sans bouger de place, immobile,

pendant une vingtaine de minutes. Si on l'oblige à se coucher, il garde également cette attitude, comme s'il dormait, jusqu'à ce qu'une excitation extérieure le fasse changer de position. Cet état a persisté pendant deux jours, au bout desquels il a diminué peu à peu, pour disparaître quatre jours seulement après l'expérience.

« Nous concluons de ces recherches que l'écorce du Doundaké contient une substance toxique qui exerce plus particulièrement son action physiologique sur la protubérance et le bulbe, pour amener chez la grenouille et le cobaye un certain état qui rappelle la catalepsie. Chez le chien, cet état n'est pas évident; il semble cependant que l'immobilité prolongée de l'animal dans les positions où on le place indique une tendance vers l'état cataleptique; de sorte que, s'il nous avait été possible d'injecter dans les vaisseaux une plus grande quantité de substance, on aurait sans doute produit les mêmes phénomènes que chez les Batraciens et les Mammifères inférieurs.

« Nous devons encore à M. Corre un échantillon d'un poison de flèches des indigènes du Rio-Nunez. Les expériences que nous avons faites avec ce poison, sur des grenouilles seulement, ont donné exactement les mêmes résultats qui viennent d'être décrits. Dans quelques cas, on a constaté un ralentissement notable de la production des mouvements réflexes. Il paraîtrait donc que le poison des flèches contient le principe actif de l'écorce que nous avons étudiée.

« A l'instar des sauvages des rives du Rio-Negro, etc., qui se servent du curare pour la médecine, la chasse et la guerre, les indigènes du Rio-Nunez emploieraient aux mêmes usages l'extrait d'écorce du Doundaké. »

H. Wegmann, *Sur les cordons nerveux du pied dans les Haliotides.* — « M. de Lacaze-Duthiers a décrit l'épipodium, partie ainsi appelée par M. Huxley, dans les Halitides, comme étant une dépendance du manteau. Il est arrivé à ce résultat par des études de morphologie basées sur la loi des connexions. M. Spengel, partant d'un autre point de vue et employant exclusivement la méthode des coupes, a obtenu des résultats différents et nie ceux de M. de Lacaze-Duthiers.

« Il s'agissait de savoir de quel côté se trouvait la vérité : s'il existe un nerf spécial pour la collerette (épipodium), alors et alors seulement il sera permis de tirer des conclusions de ce résultat. Voici ce que j'ai vu, à cet égard, sur des préparations souvent répétées.

« Il existe, dans le pied de l'Haliotide, deux gros cordons nerveux, qui naissent sur la face inférieure de la masse ganglionnaire qui renferme à la fois les ganglions pédieux et les ganglions asymétriques (de Lacaze-Duthiers). Ils suivent le pied jusqu'à son extrémité postérieure, où ils se terminent sans s'anastomoser l'un avec l'autre. Chacun de ces nerfs a la forme d'une bandelette sur les côtés de laquelle on observe une strie latérale et longitudinale; à la loupe, on voit que cette strie est bien plutôt un sillon. Les deux cordons sont réunis par des commissures dont la première est toujours plus forte que les suivantes. De nombreux nerfs partent de ces troncs.

« Dans la préparation, il arrive assez souvent que le nerf casse. Quelquefois cette rupture accidentelle est heureuse, car elle ne se fait pas dans toute l'épaisseur du nerf et sur le même point, mais il reste souvent une moitié plus courte, une plus



longue, ou bien une est seulement cassée, tandis que l'autre continue son trajet. Ce qu'il y a d'intéressant à noter, c'est que les origines des nerfs collatéraux restent complètement intactes; on les voit sortir de la partie non cassée du tronçon rompu.

« Sur des animaux ayant séjourné dans la liqueur d'Owen pendant un mois ou plus, on peut facilement enlever le névrilème des nerfs en question, et alors, avec deux aiguilles, on peut séparer longitudinalement le cordon en deux nerfs suivant le sillon latéral. Cette séparation n'est pas trop dificile, et l'on ne déchire pas le nerf longitudinalement. Parfois il arrive que des nerfs naissent latéralement l'un presque en arrière de l'autre, et l'on peut écarter leurs origines sans les détruire. Il est donc facile d'avoir des préparations qui démontrent avec évidence l'existence d'un double cordon. D'ailleurs rien ne s'oppose physiologiquement à la réunion sous un seul névrilème de deux nerfs bien distincts, ce qui a été prouvé déjà ailleurs.

« Ni l'origine apparente ni la terminaison des cordons ne donnent d'indication précise sur la question; tout ce qu'on peut voir, c'est que les deux nerfs d'un cordon ne changent pas leurs rapports mutuels.

« Voyons les nerfs qui se détachent de ces cordons. On en distingue quatre sortes :

« 1° Les commissures. Il est facile de voir qu'elles naissent sur la partie ventrale des cordons, c'est-à-dire sur la partie situé en avant du sillon longitudinal.

« 2° Les nerfs qui se distribuent dans le pied proviennent du bord externe des cordons (face opposée aux origines des commissures), seulement en avant du sillon.

« 3° Nerfs qui se distribuent dans la collerette. Ils tirent leurs origines du bord externe des cordons, en arrière du sillon, par conséquent de sa partie dorsale. Leur distribution est fort remarquable; d'ailleurs personne n'a fait d'objections à ce sujet.

« 4° Enfin on observe sur le bord interne des cordons de petits filets qui naissent également dans la partie dorsale, comme les nerfs précédents. Quoique insignifiants, ils me semblent avoir une certaine valeur au point de vue qui nous occupe. Il est difficile de les suivre jusqu'à leur terminaison; tout ce que j'ai pu constater, c'est qu'ils ne se dirigent pas horizontalement comme les commissures, mais qu'ils ne tardent pas à se porter vers la face dorsale.

« Les origines de ces nerfs fournissent une seconde preuve de l'existence d'un double cordon. Admettons en effet pour un moment qu'ils soient simples; ils donneraient chacun quatre ou au moins trois sortes de nerfs, si l'on fait abstraction des petits filets indiqués.

« D'abord les commissures ne sont pas des nerfs ordinaires; elles ne relient que les parties ventrales des cordons.

Le propriétaire-gérant : O. Doin.

Coulommiers. — Imp. P. BRODARD et Cie.



SUR LA RÉGION PROBABLE DE L'ÉVOLUTION DE L'HOMME

Par W.-S. Duncan.

Si l'on admet que l'homme a évolué d'une forme organique inférieure au type animal le plus élevé qui ait été découvert jusqu'aujourd'hui, et que son origine ne fait pas d'exception à cette loi générale de l'évolution qui nous explique l'apparition des formes les plus inférieures de la vie, il faut supposer que les ancêtres les plus immédiats de l'homme avaient une structure analogue à celle des anthropoïdes aujourd'hui existants. Il ne s'ensuivrait pourtant pas qu'aucun de ces anthropoïdes appartînt à la même famille que l'homme. Il est seulement nécessaire d'admettre, dans l'hypothèse de l'évolution humaine, que l'homme formait au moins une des familles de la série des animaux anthropomorphes, ayant quelque analogie avec les singes actuels. Car, en cherchant un lien de transition entre l'homme et une forme inférieure, c'est toujours une organisation pourvue d'une capacité cérébrale moindre et d'un corps moins adapté à la posture verticale que nous avons en vue. Or, ne sont-ce pas là les traits caractéristiques d'une forme simienne plus accusée ? Comme Darwin l'a admirablement résumé dans la *Descendance de l'homme*, p. 190, « presque toutes les différences les plus importantes entre l'homme et les quadrumanes sont manifestement des différences d'adaptation et ont un rapport direct à la posture verticale de l'homme : il en est ainsi de la structure de la main, du pied, du bassin, de l'incurvation de l'épine dorsale et de la position de la tête. » Si, en outre, les documents fournis par la paléontologie nous permettent de retracer les modifications parcourues par l'être humain, depuis le quadrumane à demi redressé, à petite capacité cérébrale, jusqu'au bipède à posture verticale, doué d'un grand cerveau, nous aurons réussi à élever la doctrine de l'évolution humaine des basfonds de l'hypothèse jusqu'à la hauteur d'un fait historique.

Cherchons maintenant à déterminer quelles sont les preuves, si toutefois il en existe, qui nous promettent le succès dans notre inves-

tigation des vestiges fossiles, vestiges démontrant l'existence, dans des époques géologiques fort reculées, d'une forme transitoire de ce genre.

C'est la distribution géographique dans le passé et dans le présent de l'ordre des primates, auxquels appartient l'homme, qui nous donne le premier rayon de lumière. L'ouvrage classique dans ces matières de M. A.-R. Wallace, *La distribution géographique des animaux*, nous enseigne qu'il n'y a pas de preuves qu'aucune des familles des primates, excepté les plus inférieures, par exemple les limuriens et les types inférieurs des singes, se retrouvent à la fois dans le nouveau et dans l'ancien monde, sauf l'homme bien entendu. Donc, selon toute probabilité, ces familles ont dû prendre leur origine dans le rayon du cercle polaire, d'où elles ont pu facilement se propager dans les deux hémisphères ; car il est difficile, pour ne pas dire impossible, d'admettre que des animaux dont les facultés de locomotion sont si restreintes, et dont l'existence est dépendante d'un climat chaud qui permette aux arbres fruitiers de croître, aient pu se propager d'un hémisphère à l'autre après le moment où ils auraient dépassé le cercle arctique. Pour que des êtres organisés, ayant pour patrie l'un des deux hémisphères, au sud du passage terrestre reliant les deux parties du globe, aient pu passer de l'un dans l'autre, il aurait fallu tout au moins qu'ils fussent contraints par la nécessité à s'adapter à une température plus basse ou à un nouveau genre d'alimentation. Or rien ne prouve que ni les lémuriens ni les types inférieurs de la race simienne eussent été obligés de fuir vers le nord et de modifier ainsi leurs habitudes et leur organisation. Pour expliquer le fait de leur existence dans les deux hémisphères, force nous est donc d'admettre qu'ils ont apparu dans le cercle arctique à une époque où cette région était tropicale.

Mais, s'il est permis de conjecturer que les membres inférieurs de la famille des primates aient pris leur origine dans la zone glaciale d'aujourd'hui, il n'est guère probable que les types supérieurs de l'espèce simienne et en particulier les anthropoïdes aient jamais existé si loin dans le nord. On ne retrouve aucun indice qu'ils aient jamais vécu en Amérique, tandis qu'ils ont habité et habitent encore le vieux monde. Si les simiens supérieurs ou les singes anthropoïdes étaient venus de la région arctique, on les aurait certainement trouvés ou vivants ou à l'état fossile dans le nouveau aussi bien que dans l'ancien continent. C'est pourquoi tant que nous n'avons aucun indice de l'existence en Amérique, à une époque quelconque, de ces familles supérieures des primates, l'hypothèse de leur origine dans le

rayon du cercle arctique n'a aucun fondement. Si le cas est tel pour les familles simiennes en question, à plus forte raison est-il difficile d'admettre que l'animal le plus spécialisé de tous et le dernier venu — l'homme — ait eu pour patrie d'origine ces régions éloignées. Or, puisque d'un côté les membres inférieurs de la famille des primates se sont propagés dans les deux hémisphères, tandis que les membres supérieurs de la même famille ne se trouvent que dans le vieux monde, il est permis de supposer que les derniers ont apparu dès leur origine dans l'hémisphère oriental qu'ils habitent actuellement, et cela sous une latitude située si loin au sud de la région qui relie les deux mondes que, pour les raisons ci-dessus indiquées, il leur eût été plus tard tout à fait impossible de pénétrer sur le continent américain.

Quant au fait que dès l'antiquité la plus reculée nous trouvons l'homme répandu sur toute la surface du globe, il nous prouverait seulement que déjà, à cette époque, l'homme avait atteint les facultés nécessaires de locomotion et d'adaptation aux variations de climat, de température et de genre de nourriture, facultés qui, entre autres traits caractéristiques, font de lui l'être organisé le plus perfectionné et le plus spécialisé qui existe. Ainsi les renseignements que nous fournit la distribution géographique des animaux suffisent à déterminer ce premier point important : savoir que les primates supérieurs et par conséquent l'homme n'ont pris origine ni dans le cercle arctique ni dans le nouveau monde, mais bien sur un des points de l'ancien continent.

Notre enquête sur l'origine de l'homme préhistorique étant ainsi limitée au vieux monde, il nous reste, à l'aide d'indices bien caractéristiques, à déterminer la localité précise de notre hémisphère où l'on peut espérer de rencontrer les vestiges humains les plus anciens. Nous continuerons à prendre pour guide les faits généralement connus de la distribution géographique dans le passé et le présent des simiens et des singes du vieux monde, et nous commencerons notre investigation par la famille la plus inférieure, en nous en tenant à la classification de M. Mivart, adoptée par Wallace.

Voici ce que nous voyons :

Les *Cynopithécides* ou singes du vieux monde, au type canin, ont vécu — nous en avons des preuves — durant les périodes *moyenne* et *dernière* de l'époque tertiaire, dans le midi de l'Angleterre et de la France et dans l'Inde septentrionale. De nos jours, on les trouve à Gibraltar, dans l'Afrique tropicale, ainsi qu'au nord, à l'est et à l'ouest de cette partie du monde ; ils existent aussi dans l'Arabie,

l'Inde, le Thibet oriental, le Japon, l'archipel malais, y compris les Philippines et les Célèbes. Il en résulte que cette famille simienne, la plus inférieure de toutes, s'est propagée, depuis la période tertiaire *moyenne*, de l'ouest de l'Europe centrale jusqu'à l'Europe méridionale et à l'Asie orientale, d'où elle a poussé plus loin dans le sud jusqu'à l'Afrique tropicale et la Malaisie.

La famille simienne qui vient ensuite, celle des *Semnopithécides*, a vécu durant les mêmes époques de la période tertiaire dans le sud de l'Allemagne et de la France, en Italie, en Grèce et dans l'Inde septentrionale. On la trouve actuellement dans l'est et l'ouest de l'Afrique, dans l'Indo-Chine et l'Inde, à Ceylan et dans la Malaisie. Ainsi, cette famille qui sert de lien de transition entre les simiens inférieurs et les singes anthropoïdes, s'est propagée, comme la première, de l'Europe centrale et occidentale à l'Europe méridionale et au sud-est de l'Asie, d'où elle a pénétré jusque dans l'Ethiopie et les régions tropicales de l'Orient.

Jusqu'à présent, nous n'avons aucun vestige nous permettant de supposer que la famille simienne la plus élevée en évolution, notamment les singes anthropoïdes, ait jamais poussé aussi loin au nord que les Semnopithécides ou les Cynopithécides. Parmi les singes anthropomorphes, le genre le plus inférieur, *Siamanga*, n'a pas encore été trouvé à l'état fossile ; ce genre habite aujourd'hui l'île de Sumatra et la presqu'île de Malacca. On a trouvé, il est vrai, dans le midi de la France, des vestiges fossiles du genre occupant l'échelon suivant, c'est-à-dire du genre *Hylobates* ou de quelques formes qui s'en rapprochent de très près (nous voulons parler du *Dryophitecus* et du *Pliopithecus*). Mais les représentants vivants de ce genre ne se rencontrent de nos jours qu'à Java, à Assam et dans la Chine méridionale.

Quoique les genres qui viennent ensuite et auxquels appartiennent l'orang, le gorille et le chimpanzé, n'aient pas été jusqu'à présent retrouvés à l'état fossile, néanmoins la paléontologie vient de nous livrer récemment, dans les collines du Siwalik, dans l'Inde, les vestiges d'un genre différant il est vrai des deux premiers, mais se rapprochant beaucoup du chimpanzé. Il s'agit du *Palæopithecus*, décrit dans la XII[e] partie des *Archives géologiques de l'Inde* par Lydekker (*Records of the Geological Survey of India*).

Malgré la pauvreté des documents fournis par la paléontologie sur le lieu d'origine et sur la distribution géographique dans le passé des singes anthropoïdes, deux faits sont désormais acquis : l'existence dans le midi de l'Europe, à l'époque miocène, d'un genre parent des

Hylobates, représenté aujourd'hui par les gibbons au sud-est de l'Asie et à Java, et celle, dans le nord de l'Inde, à l'époque pliocène, d'un autre genre, plus rapproché encore des chimpanzés de l'ouest tropicale de l'Afrique. En voilà assez pour prouver que c'est de la dernière partie de l'époque miocène à l'époque pliocène que se déroule, au midi de l'Europe et dans l'Asie subtropicale, le flot de la vie anthropomorphe.

Voyons à présent si tous les genres de singes aujourd'hui existants n'auraient point tiré leur origine du midi de l'Europe et de l'Asie subtropicale, fait déjà démontré pour les *Hylobates*. Il est à remarquer que toutes les familles simiennes qui existent de nos jours sont très également distribuées dans deux régions fort éloignées l'une de l'autre, — l'Afrique centrale et la Malaisie. Chercher l'explication de ce fait dans l'hypothèse que l'une ou l'autre de ces régions aurait été un centre d'évolution simienne n'est pas admissible. Les singes tiennent trop à la chaleur du climat et à l'abondance des fruits servant à leur nourriture, pour échanger, sans y être contraints, une région tropicale pour une région subtropicale. Or c'est là ce qu'ils auraient fait si l'on admet que les singes de l'une de ces régions fussent originaires de l'autre [1]. En outre, il y a une différence trop marquée entre les singes de l'Afrique et ceux de la Malaisie pour que l'on puisse admettre que l'un de ces groupes a pu dériver de l'autre. Quant à l'hypothèse que l'Afrique et la Malaisie auraient été chacune un centre séparé d'évolution simienne, elle manque de base, du moment où il est authentiquement prouvé que le groupe simien oriental tire son origine du midi de l'Europe. La conclusion qui se présente donc tout naturellement, c'est que l'Europe méridionale et l'Asie subtropicale seraient la patrie originaire de tous les groupes divers de singes aujourd'hui vivants.

Mais les régions habitées actuellement par les singes anthropoïdes sont en même temps celles où l'on trouve les types les plus inférieurs de l'espèce humaine. Ceci nous amène à nous demander si c'est dans les régions tropicales de l'Afrique, ou en Malaisie, ou sous une latitude plus élevée que l'homme — l'hypothèse de son évolution une fois admise — aurait parcouru les divers stades de cette évolution.

Beaucoup de naturalistes, et parmi eux quelques-uns fort éminents, seraient d'avis que la patrie actuelle des singes anthropoïdes est en même temps la région qui, selon toute probabilité, a vu les commen-

1. Il paraîtrait, d'après les raisons alléguées par M. A. R. Wallace, que le continent hypothétique servant aujourd'hui de lit à l'Océan indien ou la Lemuria n'aurait jamais existé.

cements de l'évolution humaine. J'ai moi-même longtemps partagé cette opinion ; mais les raisons que je vais exposer ci-dessous me la font abandonner aujourd'hui.

D'abord, la présence, dans les régions tropicales de l'Afrique et de la Malaisie, de types également inférieurs de l'espèce humaine, tels que les nains akkas de l'Afrique et les Actas de Java, — les premiers caractérisés par un prognatisme très accentué, les seconds par un type tout à fait simien de la tête et du visage, — indiquerait, de même que la présence dans ces régions des singes anthropoïdes, que les uns et les autres ont pris leur origine sous une latitude plus élevée. Autrement dit, le fait démontré par la paléontologie que les singes ont existé en Europe et en Asie avant de parvenir dans les régions tropicales permet de supposer que l'homme aussi aurait existé en Europe et en Afrique avant que les types inférieurs ci-dessus mentionnés aient occupés l'Asie tropicale et la Malaisie. Dans tous les cas, la présence, dans ces dernières régions, des races humaines inférieures ne prouve pas plus que l'Afrique ou la Malaisie soit leur lieu d'origine, que la présence, dans les mêmes parages, des singes anthropoïdes, n'implique qu'ils aient eu une origine tropicale distincte.

En second lieu, par ses caractères physiques ou géographiques, l'habitat actuel du singe ne présente point évidemment les conditions nécessaires à l'évolution du singe en homme. Tout au contraire, le caractère de cet habitat est trop bien adapté aux besoins de cet animal, pour fournir un stimulant suffisant à son évolution ascendante. Cherchons donc une région où les singes eussent été contraints par la nécessité d'abandonner graduellement l'habitude simienne de vivre sur les arbres et de se nourrir exclusivement de fruits, — une région où ces animaux fussent obligés à modifier leur alimentation et leur mode de locomotion de manière à développer un corps plus droit et plus élégant, un cerveau plus considérable, une intelligence plus vive, — en un mot une région où ils auraient acquis la faculté de supporter une température plus basse et par conséquent la possibilité de se répandre partout. Or aucune région tropicale ne présente les conditions nécessaires pour provoquer ces modifications. Quelle serait la direction dans laquelle nous devons chercher ?

Nous venons de voir que, tout au moins dans l'état actuel de nos connaissances, rien ne nous autorise à supposer que le singe, ancêtre primitif de l'homme, fut un habitant de l'Amérique ou des régions arctiques. Nous avons vu aussi qu'il n'y a aucune preuve de l'existence de cet animal au nord de l'Europe centrale, tandis qu'on en

retrouve les traces dans l'Europe méridionale et dans le nord de l'Inde aux époques miocène et pliocène. En un mot, nous avons constaté la propagation graduelle de la vie simienne, et de toute forme de vie en général, dans la direction du sud, conséquence naturelle du refroidissement progressif des zones septentrionales de notre globe.

Le résultat de ce lent phénomène du refroidissement de notre planète a donc été de refouler vers le sud, vers les régions tropicales, toutes les formes de la vie, à l'exception de celles qui surent s'adapter à un climat tempéré ou froid. Et si cette extension graduelle vers le sud n'eût été arrêtée dans le vieux monde par certaines barrières, il est probable que les singes n'eussent jamais trouvé les conditions favorables à leur évolution jusqu'à l'état d'homme.

Mais ces barrières géographiques qui, d'un côté, s'opposaient au mouvement entraînant la race simienne vers le sud, où elle ne serait jamais sortie de sa condition animale et, de l'autre, contribuaient à la retenir précisément dans la région où elle avait le plus de chance d'atteindre, par une évolution progressive, à la dignité d'être humain, ces barrières, disons-nous, existaient. Mais en quoi consistaient-elles?

La première de toutes, se dressant comme un obstacle à la migration de l'espèce simienne vers le sud, c'était la mer, servant sur une énorme étendue de limite à l'Europe méridionale et à l'Asie subtropicale. Au midi de l'Europe se trouvait la Méditerranée, séparant cette partie du monde de l'Afrique. Au midi de l'Asie subtropicale, le golfe d'Arabie avec ses divers bras de mer qui à l'époque miocène pénétraient pour le moins très haut dans la vallée de l'Euphrate, descendaient jusqu'au golfe persique et enclavaient la vallée de l'Indus et le Punjab. En outre, la mer Rouge et le golfe de Suez communiquaient alors librement avec la Méditerranée. Il n'est même pas impossible qu'à cette époque la vallée du Jourdain ne fût couverte par les eaux, s'étendant de la mer Rouge à la vallée de l'Euphrate et par conséquent séparant l'Arabie de l'Asie. Il n'est pas du tout sûr qu'à l'époque miocène le détroit actuel de Gibraltar fût à découvert ou que l'Europe fut reliée à l'Afrique par un isthme formé à travers l'Italie et la Sicile. Mais en admettant même qu'il y eût communication par terre entre Gibraltar et Tanger ainsi qu'entre l'Italie et Tunis, sur ces deux bandes de terre ferme, ayant en tout 50 à 100 milles d'étendue, il n'en restait pas moins entre l'Europe et l'Afrique un espace de quelques cinq milliers de milles occupé par la mer. Par conséquent, en admettant même qu'on pût atteindre l'Arabie, l'Inde et la Malaisie par ces étroites routes de terre ferme, les contrées

tropicales n'en étaient pas moins séparées des régions subtropicales de l'Asie par une barrière de mers s'étendant sur un espace de 4 à 5 milliers de milles.

Ainsi, la Méditerrannée d'un côté, de l'autre le golfe Arabique avec ses bras de mer s'engouffrant dans les vallées de l'Euphrate, du Sind et du Punjab, telles étaient les barrières naturelles, qui aux époques miocène et pliocène, durent arrêter les singes anthropomorphes dans leurs migrations vers le sud et les empêcher d'atteindre ces régions tropicales du vieux monde, si bien adaptées à leurs besoins et à leur constitution physique.

Examinons maintenant l'importance de l'action exercée sur l'avenir de la race anthropomorphe par cette barrière naturelle de la mer et par les conditions physiques qui en résultent.

L'expansion graduelle vers le sud de toutes les formes de la vie avait été provoquée par l'approche du froid, arrivant des régions polaires, avant-coureur de la période glaciaire qui s'avançait. Refoulés vers le sud par le froid et arrêtés par l'obstacle que présentait la mer, que durent devenir les singes anthropoïdes de l'Europe méridionale et de l'Asie sub-tropicale? Ceux d'entre eux qui se trouvaient près des langues de terre reliant l'Europe et l'Afrique continuèrent leur migration, tout au moins jusqu'au nord de l'Afrique, et se dérobèrent ainsi à l'action du froid; ceux de l'Asie purent également échapper à cet inconvénient. *Mais le reste, selon toute probabilité, la grande majorité*, ne se doutant point qu'il y eût une issue possible, fut obligé de rester et de subir les conditions défavorables qui l'entouraient. Tout d'abord, ces membres de l'espèce simienne furent obligés de s'adapter à des conditions climatologiques auxquelles ils n'étaient pas habitués. Soumis à l'action d'une température basse, ils furent obligés de réagir contre elle et développèrent ainsi un des traits les plus caractéristiques de l'homme, trait grâce auquel il peut se propager partout. Ceux qui n'y réussirent point périrent, comme cela arrive encore de nos jours aux singes transportés d'une région tropicale dans un climat tempéré. Ce fut là la première phase de la lutte pour l'existence ou du développement d'un des caractères distinctifs de l'homme. Certains genres simiens, beaucoup peut-être, succombèrent; mais d'autres résistèrent et laissèrent derrière eux une postérité douée d'une force de résistance encore plus grande. Il ne faut point perdre de vue que ce passage d'un climat chaud à un climat tempéré et même froid se fit graduellement, ce qui permit à l'action de l'adaptation de s'exercer avec plus de facilité qu'on le croirait à première vue. Néanmoins il n'est pas douteux que beaucoup de genres simiens

furent vaincus dans ce combat pour l'existence. Un fait probable, c'est que les singes qui vivent aujourd'hui sous l'équateur ne sont point les descendants des groupes qui furent obligés de s'arrêter et de s'adapter aux conditions d'un climat froid, mais bien plutôt de ceux qui se trouvaient dans le voisinage des passages par terre ferme entre l'Europe et l'Afrique septentrionale et entre l'Asie et la Malaisie. Les singes de l'Ethiopie occupent pourtant un échelon supérieur d'évolution par rapport à ceux de l'Orient, et cela probablement par suite du séjour forcé et prolongé que leurs ancêtres, arrêtés par la mer du Sahara, furent obligés de faire dans les districts montagneux du nord de l'Afrique.

Le *Palæpithecus* fossile tout récemment découvert dans les terrains pliocènes et qui, par ses dents, appartient à un degré d'évolution supérieur à celui de tous les singes actuels de l'Orient, est, probablement aussi, redevable de cette supériorité d'organisation à sa localisation dans les régions de l'Himalaya.

Le même concours de circonstances, les unes refoulant l'espèce simienne du centre au sud de l'Europe et de l'Asie, les autres arrêtant leur expansion ultérieure vers le sud)au nord le refroidissement de la température, au sud la barrière élevée par la mer), devait aussi exercer une action sur quantité d'autres animaux, également obligés de lutter avec les rigueurs du climat. L'agglomération dans la même région de tant d'espèces d'animaux dut à son tour devenir la source d'une lutte pour l'existence, lutte peut-être plus âpre encore que celle provoquée par l'abaissement de la température. Dans ces conditions, le conflit entre ennemis naturels dut nécessairement devenir plus acharné, ce qui, en aiguisant l'intelligence, devint un puissant stimulant du développement cérébral. Munis par la nature de facultés imparfaites de locomotion, les singes furent obligés, pour se défendre, d'armer leurs mains et leurs bras au lieu de chercher refuge dans les arbres. Dans ce but, on dut se servir de projectiles en bois, en corne, en os, en pierre, d'abord fort imparfaits et qu'on ne chercha probablement point à rendre très conformes au but, mais qui servirent néanmoins à l'éducation des mains et des bras du singe en voie d'évolution.

L'intensité croissante du froid entraîna un autre grand résultat : en diminuant l'extension et la quantité des arbres fruitiers, elle obligea les singes survivants à s'adapter graduellement à un autre genre d'alimentation. L'abandon forcé d'une nourriture consistant exclusivement en fruits eut probablement pour premier résultat l'usage des racines. Dans le voisinage des fleuves, des lacs et des mers, les singes durent aussi recourir pour leur alimentation aux mollusques, aux

poissons ou même peut-être, de loin en loin, à des cétacés échoués sur les côtes. Est-il donc impossible que les singes Anthropomorphes, arrivés graduellement, par le concours de ces causes diverses, à l'état d'hommes simiens, fussent devenus assez intelligents pour se servir de quelque instrument, à l'aide duquel ils détachaient la chair des baleines échouées en laissant sur leurs côtes ces rainures et ces entailles que le professeur Capellini a constatées et qui seraient le *memento* de cette période transitoire de l'évolution? Quelle que fût à cette époque l'alimentation des singes, il est certain que dans beaucoup de cas ils furent obligés de modifier leur régime purement végétal.

La nécessité de se mettre en quête d'aliments d'un autre genre dut avoir à son tour pour résultat le raccourcissement des extrémités supérieures, qui avaient surtout servi jusqu'alors à sauter de branche en branche dans les luxuriantes forêts d'arbres fruitiers. Cette habitude une fois abandonnée, ces extrémités se raccourcirent et la main se transforma peu à peu en un organe de préhension plus anthropomorphe. Les extrémités inférieures à leur tour se fortifièrent par l'exercice, et, par suite d'un usage fréquent, le pied s'adapta graduellement à supporter le poids du corps, perdant de plus en plus son caractère d'organe préhensible.

Il nous reste à examiner toute une série d'autres circonstances qui ont dû contribuer à accentuer encore les conditions ci-dessus exposées et à augmenter la somme des résultats qui en découlaient. Ces circonstances, les voici : se soulevant graduellement, depuis les commencements de l'époque miocène, le continent du sud de l'Europe et de l'Asie subtropicale revêtait un caractère d'abord accidenté, plus tard montagneux, jusqu'à ce qu'enfin il présentât, comme de nos jours, presque entièrement l'aspect d'une région de montagnes et de plateaux élevés. Comme la plus grande partie de cette zone coïncide avec le sud de la région indiquée sous le nom de région paléarctique ou subméditerranéenne dans « la distribution géographique » de M. Wallace, et que cet auteur nous donne une admirable description de l'état dans lequel elle se trouve actuellement, nous ne pouvons résister au plaisir de lui emprunter le passage suivant : « A l'ouest, l'Espagne présente un vaste plateau de plus de 2000 pieds d'altitude, plateau tantôt profondément creusé par de grandes vallées, tantôt s'élevant en hautes chaînes de montagnes. L'Italie, la Corse, la Sardaigne et la Sicile sont aussi des pays très montagneux, atteignant sur une grande surface une élévation considérable. Plus loin, à l'est, nous avons la Turquie d'Europe et la Grèce, régions montagneuses, dont seule une surface de sol très restreinte présente un niveau égal.

En Asie, tout le pays à partir de Smyrne, l'Arménie, la Perse, jusqu'aux frontières éloignées de l'Afghanistan, ne présente qu'un vaste plateau alpestre, atteignant presque partout 2 000 et dans certaines parties très vastes 5 000 pieds d'altitude. Le seul espace considérable occupé par la plaine est la vallée de l'Euphrate. Il y a encore des terres basses au sud du Caucase et en Syrie la vallée du Jourdain. Au nord de l'Afrique, la vallée du Nil et les plaines du littoral du Tripoli et de l'Algérie sont presque les seules exceptions à ce caractère du pays, s'élevant tantôt en montagnes, tantôt en plateaux alpestres » (p. 199, 200).

Le caractère également montagneux de la partie plus orientale de l'Asie subtropicale, c'est-à-dire du nord et du nord-est de l'Inde, est trop connu pour que nous ayons besoin de nous y arrêter.

Pour mieux démontrer l'exhaussement graduel de cette région de l'Europe méridionale et de l'Asie subtropicale durant la période tertiaire, citons le passage suivant, emprunté aux *Eléments de géologie* par sir Charles Lyell :

« Les calcaires nummulaires des Alpes suisses (qui datent, j'ai à peine besoin de le dire, de l'époque éocène) s'élèvent à plus de 10 000 pieds au-dessus du niveau de la mer et atteignent, ainsi que dans quelques autres chaînes alpestres, une épaisseur de plusieurs milliers de pieds. On peut affirmer que, de tous les groupes tertiaires, celui-ci joue le rôle le plus important dans la charpente solide de l'écorce terrestre, et cela en Europe, en Asie et en Afrique. On le rencontre en Algérie et au Maroc, et on en a constaté la présence depuis l'Egypte (où il a été largement utilisé pour la construction des pyramides) jusqu'en Asie Mineure et à travers la Perse jusqu'à Bagdad et jusqu'à l'embouchure de l'Indus. On l'a retrouvé non seulement dans les Cutch, mais encore dans les chaînes de montagnes qui séparent le Sind de la Perse et constituent le principal passage dans le Kaboul; et les mêmes couches ont été découvertes encore plus à l'est, dans l'Inde, jusque dans le Bengale oriental et sur les frontières de la Chine. »

Plus loin : « Le docteur Thomson a trouvé dans le Thibet occidental des nummulites atteignant une altitude de 16 500 pieds. » Ensuite, additionnant les faits, l'auteur dit : « Toutes les chaînes de montagnes, telles que les Alpes, les Pyrénées, les Carpathes et les Hymalayas, dans la composition des parties supérieures desquelles entrent les couches nummulaires, n'ont pu commencer à exister qu'après la période éocène moyenne, car durant celle-ci la mer occupait l'espace où se trouvent aujourd'hui ces chaînes » (p. 260-1).

Comme l'exhaussement du sol n'a jamais lieu soudainement, il s'ensuivrait que, depuis les commencements de l'époque miocène, ces montagnes et ces plateaux se sont lentement soulevés, ont continué à le faire durant toute la période miocène et la période pliocène, jusqu'à ce qu'ils eussent atteint leur altitude actuelle. Le fait de ce soulèvement graduel et lent nous est attesté par les dépôts bien connus des âges miocène et pliocène que l'on trouve sur les flancs et à la base des chaînes alpestres des Pyrénées, du Caucase, de l'Himalaya aussi bien que dans les montagnes de l'Italie et de la Grèce. Or, ce fut à la fin de l'âge miocène et dans la période pliocène que la famille des singes anthropoïdes occupa cette région et commença, ainsi que le reste de la faune, sa lente adaptation à une température qui s'abaissait graduellement à cause du froid toujours plus intense qui arrivait du nord. Avec le temps, à l'intensité toujours croissante du froid produite par les causes de refroidissement qui finirent par amener la dernière période glaciaire, vint s'ajouter le froid provoqué par l'exhaussement du sol dans cette vaste région. L'action de cette élévation du sol dut contribuer beaucoup à modifier encore davantage la structure, les habitudes et le caractère des membres de la famille simienne, restés vainqueurs dans la lutte. En quoi consistèrent ces modifications? D'abord dans l'acquisition d'une plus grande force de résistance au froid; ensuite dans la faculté d'employer une nourriture plus variée, de se servir d'armes pour se défendre, ce qui à son tour fit l'éducation de la main; dans l'abandon de la vie des forêts, ce qui contribua à développer la faculté de locomotion et à établir entre les extrémités inférieures et supérieures les rapports qui existent chez l'homme; enfin dans l'accroissement du cerveau stimulé par tous les facteurs mis en jeu durant cette longue phase de la lutte pour l'existence. A tout ce qui précède nous ajouterons encore le caractère alpestre de la région qui accentua le trait caractéristique, vraiment *humain*, de la posture verticale, incurvant l'épine dorsale en avant dans la région lombaire et élargissant le bassin, résultat amené par l'ascension et la descente des montagnes.

Nous avons terminé l'énumération des arguments qui ont trait à la région probable de l'évolution humaine. Nous nous permettrons d'ajouter que les conditions géographiques, climatologiques et autres de la partie méridionale de la région paléarctique, l'action que ces conditions ont dû exercer sur les singes anthropoïdes qui l'occupèrent vers la fin de la période miocène et durant l'âge pliocène, enfin le fait de la distribution géographique des primates, tout nous amène à la conclusion suivante, savoir que cette région était, de toutes, la plus

propre à présenter les conditions nécessaires à l'évolution de la forme simienne de quadrumane à demi redressé et à petite capacité cérébrale, en forme humaine de bipède droit, à grand cerveau.

Disons quelques mots sur les moyens les plus efficaces pour découvrir ces vestiges humains, qui doivent, selon notre hypothèse, être contenus dans les couches géologiques de la partie méridionale de la région paléarctique.

J'ai déjà cité plusieurs autorités compétentes qui témoignent que toute cette zone aurait subi durant l'époque tertiaire un phénomène de soulèvement constant et graduel. C'est à une hauteur de 10 à 17 000 pieds au-dessus du niveau de la mer que l'on trouve aujourd'hui les couches les plus inférieures de la période tertiaire, nommément les couches des terrains éocènes. Le phénomène de soulèvement ayant dû toujours être graduel, il s'ensuit que l'exhaussement constant de la terre ferme où se trouvent actuellement de hautes chaînes de montagnes aurait eu pour résultat de redresser les diverses couches successivement déposées durant l'âge miocène et pliocène.

La situation inclinée de ses couches nous encourage à croire que les vestiges humains, dont nous sommes en quête, seraient facilement accessibles. Quoique les connaissances géologiques que nous possédons aujourd'hui sur la partie méridionale de la région paléarctique laissent encore beaucoup à désirer, elles seraient pourtant suffisantes à guider l'explorateur. Malheureusement *pour nous,* la plus grande partie de cette région n'appartient point à la Grande-Bretagne, ce qui nous empêche de faire des recherches dans les Pyrénées, le Caucase et dans certaines provinces de l'Italie qui semblent plus que les autres promettre des chances de succès. Pourtant, grâce au protectorat que l'Angleterre exerce sur l'Asie Mineure, on pourrait peut-être obtenir du gouvernement turc l'autorisation d'explorer les parties de la contrée les plus propices à ce genre de recherches. L'abandon de l'Afghanistan nous enlève tout espoir de faire prochainement des fouilles dans ce pays. En revanche l'Inde, est à nous. Selon des faits confirmés par les archives géologiques de l'Inde, des dépôts miocènes et pliocènes occupent les frontières septentrionales du Punjab, les frontières occidentales du Sind et les chaînes de montagnes qui séparent l'Inde du Burmach. Dans ces recherches des vestiges de l'homme fossile, il est naturellement nécessaire de borner l'enquête aux couches *sédimentaires*, qui doivent leur origine à l'eau douce ou à l'eau saumâtre. L'exploration des sédiments marins serait tout à fait inutile, et même, parmi les sédiments d'eau douce, il faudrait s'en tenir exclusivement aux couches où l'on peut espérer de retrouver des

vestiges osseux dans un état intact. Mais ce sont là des détails qui ne manqueront pas d'attirer l'attention de tout investigateur sérieux. La question qu'il importe de décider pour le moment, c'est de savoir si les arguments invoqués par moi en faveur de l'hypothèse de l'évolution de l'homme au midi de l'Europe et dans l'Asie subtropicale ont ou non quelque valeur. Sinon l'hypothèse est jugée. Dans le cas contraire, il me semble que rien ne s'oppose à la constitution d'un comité d'exploration, choisi parmi les membres mêmes de l'Institut et chargé de poursuivre ces investigations, qui, de toutes celles soulevées par l'anthropologie, la biologie, disons plus, par la science en général, présentent l'intérêt le plus vif pour l'humanité.

Peut-être objectera-t-on qu'un comité dépourvu de fonds est impuissant à entreprendre de pareils travaux. Selon moi, c'est une manière trop décourageante d'envisager les choses. Pourquoi la création d'un comité n'attirerait-elle pas les fonds qui lui sont nécessaires? En admettant même que tel ne fût point le cas, un comité peu nombreux, mais actif, pourrait encore rendre des services incalculables en donnant l'impulsion aux travaux ayant pour sujet l'histoire paléontologique de l'homme et en soutenant l'intérêt du public pour cet ordre de questions. Il appellerait l'attention des anthropologistes ou des savants s'intéressant à l'anthropologie établis dans les régions en question ou qui se proposent d'y faire des explorations; en leur faisant connaître les indices signalés par nous sur la probabilité de l'évolution humaine dans cette région, on les pousserait à faire des recherches dans le même sens et à ajouter ainsi des faits nouveaux à ceux déjà recueillis. Notre Société est déjà entrée dans cette voie en ajoutant à son programme d'investigations anthropologiques les données relatives aux mensurations, à la forme et à la couleur des races humaines aujourd'hui vivantes. Pourquoi n'entreprendrait-on pas des fouilles actives dans les terrains de sédiment de l'Europe méridionale, de l'Afrique du nord et de l'Asie subtropicale, dans le but d'y retrouver les traces paléontologiques de l'homme pithécoïde des époques miocène et pliocène? Aucune raison, à ce qu'il me semble, ne s'y oppose; mais, pour qu'elles soient fructueuses, ces recherches auraient besoin d'être dirigées par un comité peu nombreux s'il le faut, mais revêtu de l'autorité et du prestige de la Société et qui serait chargé de lui présenter de temps à autre des rapports sur les résultats obtenus, sur les encouragements accordés aux individus ou aux expéditions capables de mener à bonne fin cet ordre de recherches.

Je termine en exprimant l'espoir que le conseil de la Société saisira la première occasion de s'occuper de mon projet dont le but est de pousser les investigations paléontologiques et anthropologiques touchant le moment, le lieu et le mode de l'évolution humaine.

DUNCAN [1].

1. In *The Journal of the Anthropological Institute*, mai 1883.

LES ORGANISMES VIVANTS

ET LA MANIÈRE DE LES ÉTUDIER

Par Huxley

(Suite et fin [1].)

E. Dissection du membre postérieur de la grenouille, pour l'étude de la myologie.

(Pour la dissection suivante, il est à désirer qu'on ait une grenouille qui ait séjourné quelque temps dans l'alcool.)

1. Placez l'animal sur le dos et incisez la peau de la face antérieure du membre depuis la symphyse du pubis jusqu'à la cheville; rejetez ensuite la peau de chaque côté pour mettre à découvert les parties sous-jacentes; en la retournant, remarquez les faisceaux et les fibres (*tissu aréolaire sous-cutané*) qui unissent la peau aux parties sous-jacentes et que vous aurez à couper, avez les larges *espaces lymphatiques* qu'ils limitent.

Un grand nombre de muscles sont maintenant mis à découvert à la partie antérieure de la cuisse et de la jambe.

2. **Les muscles superficiels de la partie antérieure de la cuisse.**

Séparez-les l'un de l'autre avec précaution en disséquant le *tissu conjonctif* qui les unit.

a. Chacun d'eux est principalement composé d'une masse charnue, le ventre du muscle, qui sur un musclo macéré dans l'alcool est presque blanche et se divise facilemeut en faisceaux; mais qui, sur un muscle frais, est plus molle, plus rouge et ne se dissocie point aussi facilement.

b. Il arrive souvent qu'à ses deux extrémités le ventre du muscle fait place à un tissu dense, nacré, qui forme un *tendon.*

c. Les tendons sont fixés directement ou indirectement sur certains os environnants, l'insertion la moins mobile est appelée l'*origine du muscle* et le point où le muscle s'attache à l'os le plus mobile est plus particulièrement désigné sous le nom d'*insertion.*

1. Voir le numéro précédent.

d. Les noms des muscles mis à découvert à la face antérieure de la cuisse, sont :

α. Le *couturier :* muscle mince, plat, rubané, qui s'étend tout le long de la ligne médiane de la cuisse. Il naît de la symphyse du pubis et s'insère à une expansion tendineuse (*aponévrose*) au côté interne de l'articulation du genou.

β. Le *grand adducteur :* il devient superficiel aux environs des deux tiers supérieurs du bord interne du couturier.

γ. Le *court adducteur :* on en voit une faible partie au côté interne du grand adducteur, tout près de la symphyse du pubis.

δ. Le *grand droit interne*, grand muscle qui longe dans toute son étendue le côté interne de la cuisse; il naît de la symphyse du pubis au-dessous du couturier et s'insère sur la même aponévrose que ce muscle.

ε. Le *petit droit interne*, muscle mince qui se trouve en dedans et plutôt en arrière du grand droit interne. Il naît du bassin tout près de l'anus et s'insère sur l'aponévrose aux environs de l'articulation du genou.

ζ. Le *long adducteur :* il est en partie superficiel le long du bord externe du couturier.

η. Le *vaste interne :* muscle très volumineux qui se trouve à la face antérieure et externe de la cuisse; il naît du bassin tout près de l'articulation de la hanche, et s'unit en bas à deux muscles situés à la partie postérieure de la cuisse (4. *a*. β. γ); et le tout se termine par un tendon, lequel s'insère sur l'aponévrose qui recouvre en avant l'os de la jambe.

e. Coupez en travers le ventre du couturier et écartez les lambeaux; disséquez alors l'origine et l'insertion du *long adducteur* et du *grand adducteur* (*d*, ζ et β).

α. Le *long adducteur* naît de la partie antérieure et inférieure de la symphyse des os iliaques; par son extrémité inférieure il rejoint le grand adducteur.

β. Le *grand adducteur* naît du bassin entre l'origine du couturier et celle du grand droit interne. Les fibres s'insèrent directement, c'est-à-dire sans l'intervention d'un tendon spécial, à la face interne de la moitié distale du fémur.

3. Les muscles profonds de la partie antérieure de la cuisse.

a. En coupant par le milieu les muscles long adducteur, grand et petit droits internes, et en écartant leurs lambeaux, vous mettiez à découvert les muscles suivants :

α. Le *pectiné :* il se trouve à la partie supérieure de la cuisse, immédiatement en dedans du vaste interne : il naît de la partie antérieure du bassin, tout près de la symphyse, et s'insère à la surface antérieure de la moitié distale du fémur.

6. Le *court adducteur* (2. *d.* γ.) longe le pectiné à sa face interne; il naît et s'insère tout près de lui.

Le *demi-tendineux;* c'est un long muscle mince situé au-dessous du grand droit interne, et qui est bifurqué à son extrémité supérieure : les deux chefs ainsi formés naissent, l'un (*chef antérieur*) du bassin entre la symphyse ischiatique et l'acétabulum; l'autre (*chef postérieur*) de la symphyse ischiatique : le muscle se termine en bas par un tendon arrondi qui longe le tendon du couturier et s'insère à côté de lui.

4. Retournez maintenant la grenouille, placez-la sur le ventre et enlevez la peau de la partie postérieure du membre.

Les muscles de la face postérieure de la cuisse. Ce sont :

a. Le *triceps femoris :* c'est un muscle volumineux, situé du côté externe, divisé dans sa partie supérieure en trois chefs que l'on considère souvent comme des muscles séparés; ce sont :

α. Le *vaste interne* ou chef antérieur; il a déjà été examiné avec la partie antérieure de la cuisse (2. *d.* η).

β. Le *vaste externe* ou chef postérieur; il naît du bord postérieur de l'os iliaque.

γ. Le *droit antérieur de la cuisse* ou chef moyen du triceps; il naît de la partie postérieure du bord ventral de l'os iliaque. Pour l'insertion du triceps femoris, voy. 2. *d.* η.

b. Le *fessier :* ce muscle naît des deux tiers postérieurs de la surface externe de l'os iliaque; il va vers le bas entre le vaste externe et le droit antérieur s'insérer à la partie postérieure de la tête du fémur.

c. Le *pyriforme.* Il naît de la partie postérieure de l'urostyle et passe en dedans du vaste externe pour aller s'insérer sur le corps du fémur.

d. Le *biceps femoris :* long muscle mince qui longe le côté interne du vaste externe; il naît de l'os iliaque au-dessus de l'acétabulum; à sa partie inférieure il se divise en deux chefs dont l'un s'insère sur le corps du fémur, en son milieu, et dont l'autre se termine par un tendon arrondi qui s'insère à la face dorsale de l'extrémité distale du même os.

e. Le *demi-membraneux :* grand muscle situé en dedans du biceps;

il naît de la partie postérieure et supérieure de la symphyse iliaque et s'insère à l'aponévrose qui entoure l'articulation du genou.

Au plus profond de l'épaisseur de la cuisse, entre les muscles biceps et demi-membraneux, vous apercevrez les *vaisseaux fémoraux* et le *nerf sciatique*.

f. Coupez le vaste externe et le biceps et écartez leurs lambeaux; au-dessous d'eux vous pourrez voir :

Le muscle *psoas-iliaque :* il naît de la surface interne de la partie postérieure de l'os iliaque, et s'insère à la face postérieure du corps du fémur.

g. Enlevez le pyriforme, coupez le demi-membraneux tout près de son origine et rejetez-le en bas; vous mettrez à découvert un petit muscle triangulaire, le *carré de la cuisse*, qui naît de l'ilium, en arrière de l'acétabulum et s'insère sur le milieu du corps du fémur, à sa face ventrale.

h. L'*obturateur;* c'est un petit muscle qui se trouve sur la surface dorsale de l'articulation de la hanche.

5. Les muscles de la jambe.

a. Mettez la grenouille sur son dos et enlevez la peau du pied. Fixez-la de façon à mettre la face dorsale du pied en dessus. Vous devez maintenant voir l'os de la jambe occuper la ligne médiane du membre. Le long de son bord (interne maintenant, mais en réalité dorsal) se trouvent deux muscles, savoir :

α. Le *gastro-cnémien*, muscle pourvu d'un gros ventre charnu; il naît à la partie supérieure par deux tendons, dont l'un, le plus volumineux, s'insère en arrière de l'articulation du genou en partie sur le fémur, en partie sur l'os de la jambe; l'autre se réunit à l'aponévrose du côté externe de l'articulation du genou. En bas, ce muscle se termine par un tendon très considérable, le *tendon d'Achille*, qui se confond à la fin avec l'aponévrose de la surface plantaire du pied.

β. Le *tibial postérieur :* muscle mince, recouvert en grande partie par le gastrocnémien; il naît d'une grande partie de la face postérieure de l'os de la jambe et longe le côté interne de l'articulation du talon pour s'insérer sur l'astragale.

b. De l'autre côté de l'os se trouvent quatre muscles, savoir :

α. Le *péronier*, le plus volumineux et le plus externe des quatre; il naît du côté externe de l'extrémité articulaire du fémur, et dépasse le côté externe de l'articulation du talon pour s'insérer sur le calcanéum.

β. Le *tibial antérieur :* c'est un petit muscle situé en dedans et

au-dessous du péronier; il naît de l'extrémité inférieure et antérieure du fémur et de la capsule de l'articulation du genou; à sa partie inférieure il se divise en deux chefs, dont l'un s'insère à la face dorsale de l'astragale, l'autre sur le calcanéum.

γ. Le *court extenseur de la jambe;* il se trouve en dedans de la partie supérieure du dernier muscle; il naît de la face antérieure de l'extrémité articulaire distale du fémur et s'insère sur l'os de la jambe dans son tiers moyen.

δ. Le *fléchisseur antérieur du tarse :* il naît à l'endroit où le dernier muscle cité se termine et s'insère sur la face dorsale de l'astragale.

6. Les nerfs du membre postérieur.

Il faut maintenant disséquer ces nerfs dans la jambe qui n'a pas servi à la dissection des muscles.

a. Le *nerf sciatique.*

α. On le trouve à la face dorsale de la cuisse en séparant l'un de l'autre les muscles biceps et demi-membraneux; il apparaît sous la forme d'un mince cordon blanc.

β. Disséquez-le soigneusement dans la partie médiane de la cuisse, en notant les branches qu'il distribue aux divers muscles.

γ. En arrivant au pied, il contourne la face dorsale de l'articulation du talon et entre dans la surface plantaire où il se termine par un grand nombre de branches.

b. Le *nerf péronier.*

α. Il longe la jambe de haut en bas en accompagnant le muscle péronier et distribue des ramifications chemin faisant.

β. En arrivant à l'extrémité de la jambe, il passe en avant de l'articulation du talon et émet des ramifications qui se distribuent à la face dorsale du pied.

F. Dissection du système vasculaire.

La dissection des vaisseaux sanguins est facilitée de beaucoup par une injection préalable; elle s'opère de la façon suivante: faites dissoudre à chaud un peu de gélatine dans un liquide coloré (solution de carmin ou de bleu de Prusse); la gélatine doit être en quantité suffisante pour que le liquide se fige à peine refroidi; tuez une grenouille par le chloroforme, mettez son cœur à nu en évitant de blesser la veine abdominale antérieure, pratiquez un petit trou dans le sinus veineux et essuyez tout le sang qui pourrait couler par là; passez une ligature autour du bulbe artériel, faites une petite ouverture au ventricule et faites pénétrer dans le bulbe artériel, par le ventricule, un tube effilé en pointe. Emplissez ce tube avec la solution saline normale et unissez-le par un bout de tube en

caoutchouc à une seringue remplie de la matière à injection qui ne doit pas être à une température de plus de 35° C.; injectez très doucement et sous une pression très faible. On peut aussi injecter facilement le système veineux en coupant la veine abdominale antérieure et en introduisant la seringue dans le bout périphérique. Une fois l'injection terminée, faites séjourner l'animal pendant quelques heures dans l'alcool.

1. La veine abdominale antérieure.

a. Disséquez avec soin la veine abdominale antérieure dans les parois de l'abdomen; vous verrez qu'à son extrémité postérieure ce vaisseau émet pour la partie antérieure de chaque cuisse une petite branche et qu'il se divise ensuite en deux gros troncs (*veines pelviennes*) qui vont de chaque côté à la partie postérieure de la cuisse.

b. Retournez l'animal et suivez le trajet d'un de ces troncs veineux; vous verrez qu'il se continue avec la *veine sciatique,* qui se termine dans le bassin en donnant naissance à ce tronc veineux et à un autre (*veine porte rénale*).

c. Suivez en avant le trajet de la veine abdominale antérieure; elle se divise en deux branches, dont l'une se rend au lobe droit et l'autre au lobe gauche du foie.

2. Soulevez le foie, et remarquez la *veine porte* qui y pénètre par sa face inférieure; cette veine est formée par la réunion de la *veine gastrique*, venant de l'estomac, avec la *veine liéno-intestinale* venant de la rate et des intestins. La division gastrique de la veine porte communique par une large branche avec la division de gauche de la veine abdominale antérieure.

3. Les veines de la tête, du cou et des membres antérieurs.

a. Enlevez le foie, en évitant de léser la veine cave inférieure qu se trouve au-dessous de lui.

b. Enfoncez un morceau de tube en verre dans l'œsophage de la grenouille, afin de tendre les parties avoisinantes, et disséquez les arcs aortiques: en avant de chaque arc aortique, près du point où il se divise, on trouve :

c. La *veine jugulaire externe,* qui longe latéralement le cou jusqu'à l'angle de la mâchoire inférieure et reçoit les veines des régions mandibulaires et linguales.

d. Suivez le trajet de cette veine en bas jusqu'au cœur; un peu au-dessous de l'arc aortique, elle se réunit à une autre grande veine.

e. La *sous-clavière,* qui la continue vers l'extérieur; on voit qu'elle est principalement formée par la réunion de deux branches considérables : l'une (*veine axillaire* ou *brachiale*) vient de l'avant-bras et

de la main; l'autre (*veine musculo-cutanée*) vient du dos et de la tête.

f. La *veine innominée* est formée par la réunion de la *veine jugulaire interne* qui ramène le sang du cerveau et de la moelle épinière, avec la *veine sous-scapulaire* qui ramène le sang du bras et de l'épaule.

g. La *veine cave supérieure* (il y en a une à droite et une à gauche); elle est formée par la réunion des veines sous-clavière, jugulaire externe et innominée de chaque côté; suivez-la jusqu'au cœur où elle se termine en entrant dans le sinus veineux.

4. La veine cave inférieure et les veines portes rénales.

a. Coupez le tube digestif au-dessus de l'estomac, coupez-le également tout près du cloaque, et enlevez la portion intermédiaire : disséquez les veines qui sont en rapport avec les reins.

b. La *veine porte rénale :* elle vient de la bifurcation de la veine pelvienne et pénètre dans le bord inférieur externe du rein.

c. La *veine cave inférieure :* c'est une grande veine située entre les reins et formée principalement par des troncs vasculaires sortant de ces organes, mais qui reçoit aussi des branches provenant des organes de la génération et du foie.

d. Suivez-la jusqu'à sa terminaison dans le sinus veineux.

5. Les arcs aortiques et leurs ramifications.

a. Disséquez les ramifications des arcs aortiques; elle sont au nombre de trois de chaque côté :

α. La division antérieure (*tronc carotidien*)*;* elle émet d'abord une ramification (*artère linguale*) qui longe le cou, et se termine ensuite dans un petit corps rouge (*la glande carotide*) dont sortent d'autres artères.

β. L'*arc de la crosse de l'aorte :* c'est la division moyenne et la plus considérable en même temps; il fait le tour du cou en se dirigeant vers la colonne vertébrale et donne en chemin naissance à l'*artère sous-clavière* qui va au membre antérieur.

γ. L'*artère pulmo-cutanée*, ou division postérieure de l'arc aortique; elle va à la racine du poumon et donne chemin faisant naissance à une branche cutanée qui se distribue à la peau au voisinage de l'épaule.

b. Inclusez dans la paraffine un arc aortique préalablement durci par l'alcool et faites-en des coupes minces, transversales : examinez-les avec l'objectif n° 1, et notez les deux cloisons qui le subdivisent en trois canaux.

6. L'aorte dorsale et ses ramifications.

a. Enlevez les reins ainsi que la veine cave inférieure et les organes génitaux : on voit alors l'*aorte dorsale* mise à nu qui repose sur les corps des vertèbres.

b. Suivez les deux *crosses de l'aorte* proprement dites dans leur trajet autour du cou; vous verrez qu'elles s'unissent au dessous de la colonne vertébrale pour former l'aorte dorsale.

c. Poursuivez le trajet de l'aorte dorsale; elle fournit chemin faisant diverses ramifications : il en est une très considérable (*artère cœliaco-mésentérique*) qui naît tout juste au-dessous du point où elle-même prend naissance.

d. De petites ramifications de l'aorte dorsale se distribuent aux reins et aux organes génitaux (on ne peut apercevoir maintenant que leurs extrémités coupées), ainsi qu'aux muscles du dos.

e. Elle se termine aux environs du bassin en se divisant en deux troncs, les *artères iliaques,* qui passent au-dessous des os iliaques et distribuent des branches dites *hypogastriques* à la vessie et aux parois de l'abdomen.

f. Retournez maintenant l'animal, placez-le sur le ventre et poursuivez le trajet de l'artère iliaque; la plus importante des artères qui lui fait suite se trouve dans la cuisse, c'est l'*artère fémorale*.

7. Les veines pulmonaires.

a. Suivez leur trajet depuis l'oreillette gauche jusqu'aux poumons. Examinez avec soin l'oreillette gauche et cherchez l'orifice par où la veine pulmonaire commune y débouche.

G. Le système nerveux de la grenouille.

1. *Méthode pour découvrir le cerveau et la moelle épinière.* — Prenez une grenouille qui ait séjourné un jour ou deux dans l'alcool; fendez la peau tout le long de la ligne médiane du corps, depuis le museau jusqu'à l'anus et repliez-la de chaque côté en notant les petits nerfs qui y pénètrent de chaque côté de la ligne médiane; enlevez les muscles qui recouvrent les lames vertébrales, ouvrez le canal neural en fendant la membrane qui relie l'un à l'autre l'atlas et l'occipital. Introduisez alors la lame d'une petite mais forte paire de ciseaux dans la cavité crânienne, et coupez pièce à pièce les os qui forment la voûte du crâne, en prenant grand soin de ne pas léser le cerveau avec la pointe des ciseaux. Enlevez ensuite de la même façon la partie supérieure des arcs vertébraux. Une membrane

pigmentée, délicate, la *pie-mère,* qui recouvre le cerveau, se trouve maintenant à découvert. Autour de la moelle épinière, elle est d'ordinaire recouverte par une matière molle assez abondante. Enlevez cette matière avec précaution au moyen d'une pince, ou d'un courant d'eau provenant du jet d'une seringue.

2. Le cerveau.

Sur la face dorsale du cerveau, qui maintenant est mis à découvert, on peut voir les parties suivantes :

a. En avant, deux masses allongées formant environ la moitié antérieure du cerveau; une légère dépression transversale divise chacune d'elles en une portion antérieure plus petite et une portion postérieure plus considérable. Les faces internes des portions antérieures sont étroitement unies ensemble. Les faces analogues des portions postérieures sont séparées par une fente. Les portions postérieures sont les *hémisphères cérébraux* (*prosencéphale*)*;* les portions antérieures, les bases des *lobes olfactifs* (*rhinencéphale*).

a. Les lobes olfactifs se rétrécissent pour devenir deux troncs arrondis, communément appelés *nerfs olfactifs* qui, après avoir abandonné le crâne, s'appliquent à la face externe de la membrane qui tapisse la chambre nasale et émettent un grand nombre de filets nerveux qui se distribuent à cette membrane.

b. Le *thalamencéphale;* il se trouve entre les extrémités postérieures des hémisphères cérébraux; on y doit remarquer :

α. La *glande pinéale,* très petite masse située en avant et qui n'est point formée par du tissu nerveux.

β. Les *couches optiques*, masses nerveuses que l'on aperçoit au-dessous de la glande pinéale : entre elles se trouve une cavité étroite, le *troisième ventricule.*

c. Les *lobes optiques* (*mésencéphale*); c'est une paire d'éminences arrondies qui se trouvent en arrière du thalamencéphale.

d. Le *cervelet* (*métencéphale*), bande étroite, transversale, qui se trouve en arrière des lobes optiques.

e. La *moelle allongée* (*myélencéphale*), portion de l'encéphale qui se trouve en arrière du cervelet.

α. Sur la moelle allongée se trouve une dépression triangulaire (*quatrième ventricule*), dont le sommet est tourné en arrière.

3. La moelle épinière.

a. Sa forme, large en avant, elle se rétrécit bientôt vers la 5e ou 6e vertèbre et continue ensuite à parcourir le canal neural sous la forme d'un filament étroit et effilé à son extrémité.

b. Le sillon (*scissure postérieure*) qui la parcourt tout le long de la ligne médiane.

c. Les *nerfs spinaux* qui en naissent.

α. Ils sont de chaque côté au nombre de dix.

β. Chacun d'eux naît par deux *racines*, une racine *antérieure* et une *postérieure;* ces racines se voient mieux sur les 7ᵉ, 8ᵉ et 9ᵉ nerfs où elles sont plus longues qu'ailleurs. Parfois la racine antérieure est double.

γ. La direction de leurs racines : elles vont directement à l'extérieur dans les premiers nerfs, elles sont obliques en arrière pour les 4ᵉ, 5ᵉ et 6ᵉ paires, et vont presque directement en arrière et cela dans l'intérieur du canal neural sur une longueur assez considérable pour les 7ᵉ, 8ᵉ, 9ᵉ et 10ᵉ.

δ. Le point où les racine nerveuses s'unissent pour former un nerf dans les trous inter-vertébraux.

4. Dessinez les parties mises à découvert du cerveau et de la moelle épinière.

Coupez les lobes olfactifs et soulevez l'extrémité antérieure du cerveau : retournez-le peu à peu, en coupant au fur et à mesure avec un scalpel bien affilé les nerfs que vous voyez en partir pour traverser les parois du crâne; comme ces nerfs sont pour la plupart très grêles, il est probable qu'on les arrachera sans les voir, mais, en tous cas, on ne peut manquer d'apercevoir les gros nerfs optiques : coupez court les racines nerveuses de la moelle épinière; enlevez-la en même temps que le cerveau et posez-la la face ventrale en l'air.

a. A la face inférieure, *base* du cerveau, on voit :

α. La *commissure optique* ou *chiasma* vis-à-vis de l'extrémité postérieure des hémisphères cérébraux, avec les *nerfs optiques* qui divergent de son extrémité antérieure et les *bandelettes optiques* qui y pénètrent en arrière.

β. En arrière de la commissure optique, entre les bandelettes optiques, se trouve une petite éminence, le *corps pituitaire*.

γ. Situées de chaque coté des deux organes mentionnés en dernier lieu, recouvertes en avant par les bandelettes optiques se trouvent les *crura cerebri*.

b. Divisez les hémisphères cérébraux par un trait de scalpel horizontal; dans chacun d'eux on trouve une cavité, le *ventricule latéral*. Chaque ventricule latéral communique avec le troisième ventricule. Les lobes optiques, coupés de la même façon, paraissent recouvrir une cavité qui communique en avant avec le troisième ventricule et en arrière avec le quatrième.

c. La *moelle épinière.*

α. La *fissure antérieure* tout le long de sa face ventrale.

β. Sa forme : presque cylindrique, plus large dans le sens antéro-postérieur (surtout vis-à-vis de la seconde paire de nerfs rachidiens) que dans l'autre sens.

γ. Inclusez-la dans la paraffine et débitez-la en tranches minces. Montez les préparations dans la glycérine et examinez-les avec l'objectif n° 1. Remarquez la portion périphérique (*substance blanche*) qui diffère par sa couleur de la partie centrale (*substance grise*); au centre, le canal (*canal central*) qui parcourt la moelle suivant son axe.

5. Remettez la grenouille sur le dos, ouvrez la cavité abdominale et enlevez tout le tube digestif depuis l'œsophage jusqu'au rectum, en même temps que le foie, les reins et les organes génitaux.

6. Le plexus sciatique.

a. Ce plexus apparaît maintenant sous la forme d'une quantité de gros cordons nerveux situés à droite et à gauche de l'aorte dorsale; notez les communications qui existent entre les divers cordons du même côté.

b. Suivez en bas un des deux plexus : il se termine inférieurement par un gros trou qui se continue avec le nerf sciatique.

c. Remontez jusqu'à la colonne vertébrale le trajet des troncs nerveux qui forment le plexus.

Ils se continuent avec les 7e, 8e et 9e nerfs spinaux.

7. En avant du plexus sciatique et reposant sur les muscles qui limitent en arrière la cavité abdominale, on trouve trois muscles qui vont obliquement de chaque côté en bas et en arrière; ils se continuent avec les 4e, 5e et 6e racines spinales.

8. Quelques nerfs du cou.

a. Enfoncez dans l'œsophage un morceau de tube en verre pour le distendre, et enlevez ensuite avec précaution le muscle mylohyoïdien (B. 6, *a*).

b. Découvrez d'un côté la corne postérieure de l'os hyoïde : un muscle s'y attache et de là se rend à la région occipitale du crâne (*muscle pétrohyoïdien*). Le long du bord postérieur de ce muscle passe le *nerf pneumogastrique;* suivez ses ramifications jusqu'au cœur.

c. Sur le muscle pétrohyoïdien et en avant du pneumogastrique, dont il naît, se trouve le *nerf laryngé.*

d. Un peu en avant du nerf laryngé, on aperçoit le *nerf glosso-pharyngien*, qui monte vers la partie antérieure de la mandibule.

e. Plus superficiel que le glossopharyngien, mais avec la même direction générale, on trouve le *nerf hypoglosse* (B. 6. *a*).

9. Le nerf brachial.

Mettez-le à découvert dans l'aisselle et remontez son trajet jusqu'à la moelle épinière : il est formé par la réunion du second et du troisième nerf spinal.

10. Le système du grand sympathique.

a. Soulevez l'aorte avec précaution : de chaque côté de cette artère vous trouverez le *tronc principal du sympathique.* C'est un nerf grêle, qui présente de temps en temps des dilatations (*ganglions*) sur son parcours.

b. Notez les anastomoses qui existent entre les ganglions et les nerfs ou plexus sciatique.

c. Disséquez avec soin cette chaîne ganglionnaire dans toute son étendue : elle est formée de dix ganglions, d'où partent des branches anastomotiques qui se rendent à d'autres nerfs (*nerfs spinaux*).

H. LES ORGANES DES SENS SPÉCIAUX.

L'examen complet de ces organes, surtout en ce qui concerne leur histologie, est difficile et nécessite l'emploi de manipulations délicates qui sortent du cadre de cet ouvrage. Ici on s'est appliqué surtout à l'étude des points dont l'examen ne nécessite pas l'emploi du microscope. Un bref aperçu de la structure microscopique de la rétine se trouve pourtant ci-dessous (voy. **J. h.**)

a. L'œil.

1. Prenez une grenouille en bon état et examinez son œil. A l'état normal il proémine beaucoup au-dessus de la surface de la tête, mais à peine est-il touché qu'il se rétracte dans une sorte d'orbite. En ouvrant la bouche de l'animal on aperçoit à sa voûte une sorte de bosselure causée par le globe de l'œil, qui devient plus prononcée si l'œil est rétracté.

a. Touchez légèrement l'œil et observez la façon dont il se ferme par le relèvement de la paupière inférieure transparente. La paupière supérieure est très petite et se meut difficilement.

b. Lorsque l'œil est ouvert, observez toutes les parties exposées à la vue.



α. La *cornée transparente* qui couvre toute sa surface visible.

β. A travers la cornée on voit l'*iris*, coloré par un pigment brun ou doré. Ce dernier forme un anneau très brillant autour du bord interne de l'iris. Le bord inférieur de cet anneau s'interrompt sur un point; là le pigment jaune est absent, et de cette solution de continuité une ligne noire peu marquée peut être suivie vers le bas à travers le reste de la partie inférieure de l'iris.

γ. L'ouverture elliptique ou *pupille* de l'iris a son grand axe dirigé dans le sens antéro-postérieur.

2. Tuez la grenouille (par le chloroforme ou par destruction de la moelle) et disséquez avec précaution toutes les parties qui entourent le globe de l'œil, en enlevant avec le reste la partie de l'os maxillaire supérieur qui limite inférieurement la cavité de l'*orbite*.

α. Quand le globe de l'œil est débarrassé des tissus qui l'environnent, notez les petits muscles qui s'insèrent sur lui.

β. A la face postérieure de l'œil on trouve le nerf optique qui y pénètre.

3. Coupez le nerf optique, et après avoir ainsi détaché l'œil de la tête, fixez-le sur une plaque de liège plombée, la surface cornéenne en dessous.

a. Remarquez le revêtement opaque (*sclérotique*) avec lequel se continue le bord de la cornée, et qui forme sur les côtés et en arrière l'enveloppe extérieure du globe de l'œil. Sur quelques points, la sclérotique est à demi transparente et laisse apercevoir plus ou moins distinctement la membrane choroïdienne pigmentée.

b. Ponctionnez la cornée avec la pointe d'un scalpel effilé, en prenant bien garde de blesser l'iris. Voyez en sourdre l'*humeur aqueuse* transparente en même temps que la cornée s'affaisse.

c. Saisissez avec des pinces fines le bord coupé de la cornée, et, avec des ciseaux fins, coupez soigneusement la cornée tout le long de sa ligne de jonction avec la sclérotique. La surface antérieure convexe du *cristallin* apparaît maintenant. Elle fait hernie à travers l'ouverture de la pupille.

d. Placez maintenant la plaque de liège dans un vase de forme et grandeur convenables et versez dans cette *cuvette à dissection* assez d'eau pour recouvrir l'œil. Maintenant, coupez l'iris avec des ciseaux fins et mettez ainsi à découvert la surface antérieure du cristallin. Passez la pointe d'un scalpel sous le bord du cristallin; faites-le un peu sortir, et examinez-le.

α. Le cristallin de la grenouille est presque sphérique, mais son diamètre transversal est un plus considérable que son diamètre an-

téro-postérieur. Sa surface antérieure (celle qui fait hernie à travers la pupille) est également moins convexe que sa surface postérieure.

e. La cavité de la chambre postérieure de l'œil est maintenant mise à découvert. Elle est remplie d'une masse gélatineuse et transparente, l'*humeur vitrée*, que l'on peut voir en rejetant l'eau dans laquelle l'œil a été disséqué.

f. Le *rétine* tapisse la chambre postérieure de l'œil. L'action de l'eau l'a probablement rendue trouble; à l'état normal elle est d'une transparence parfaite, et au travers d'elle on peut apercevoir la choroïde (3. *g*). Avec la pointe d'une aiguille à dissections microscopiques, séparez doucement la rétine de la membrane noire (choroïde) qui se trouve au-dessous d'elle. Cette opération est facile à exécuter sauf en un point (correspondant au *punctum cœcum* de notre œil à nous). En tournant le globe sens dessus dessous, on voit que ce point correspond au point d'émergence du nerf optique.

g. Maintenant la *choroïde* est mise à nu. C'est une membrane pigmentée, noire, de texture lâche, comme veloutée, laquelle peut être facilement séparée au moyen d'aiguilles de la sclérotique qui se trouve plus à l'extérieur.

b. L'oreille.

1. La grenouille n'a pas d'oreille externe, sa membrane tympanique, ainsi qu'on l'a dit plus haut (A. 2. **a.**), est à nu de chaque côté de la tête.

a. Notez la disposition de la membrane tympanique : elle est faiblement tendue sur un anneau osseux.

b. Disséquez la couche externe ou cutanée de la membrane du tympan. Au-dessous d'elle, vous trouvez une membrane transparente, formée par les couches fibreuse et muqueuse, qui possède une tache blanche opaque en son milieu.

c. Coupez ces couches de la membrane du tympan tout le long de leur bord; vous avez ainsi découvert la cavité tympanique.

α. Le tympan de la grenouille est une cavité infundibuliforme dont l'extrémité la plus large est tournée vers l'extérieur. Les parois sont tapissées d'une muqueuse lisse légèrement pigmentée qui se continue avec celle de la bouche par l'intermédiaire de la trompe d'Eustache.

β. Sur la voûte de cette cavité, se trouve un bâtonnet, ossifié en son milieu, cartilagineux à chaque extrémité, qui est la *columelle de l'oreille*. La columelle s'insère, par son bout interne, à la partie supérieure et antérieure de la paroi interne du tympan, et, par son



bout externe, à la couche moyenne de la membrane du tympan, dans la région de la tache opaque mentionnée plus haut (1. *b*.).

γ. Tout près de l'insertion interne de la columelle se trouve dans la paroi de la cavité tympanique une ouverture ovale relativement large; c'est l'extrémité externe de la trompe d'Eustache, dont l'extrémité interne, on l'a déjà vu, se voit sur la partie postérieure de la voûte de la cavité buccale. Enfoncez une sonde par l'orifice que vous venez de mettre à découvert et ouvrez la bouche de la grenouille pour voir son arrivée dans cette cavité.

2. *L'oreille interne.*

a. Séparez la columelle de l'oreille de son insertion interne. Vous découvrez ainsi un orifice où elle s'abouchait : c'est la *fenêtre ovale*.

b. Prenez des ciseaux et coupez les os latéraux du crâne suivant une ligne qui va de la fenêtre ovale à la « garde » du parasphénoïde (D. c. 3. *a*), la cavité de l'os prootique (D. c. 1. *d*.), que vous venez ainsi de découvrir, contient une partie de l'oreille interne.

c. La dissection de l'oreille interne de la grenouille est difficile, en raison de sa petitesse. Mais en enlevant avec précaution et pièce à pièce les parois cartilagineuses et osseuses de la capsule péri-otique, on met à nu les canaux semi-circulaires et l'on peut extraire le labyrinthe membraneux. Il faut le placer dans un verre de montre contenant de la solution salée ou de l'alcool, et en étudier la forme avec le microscope simple.

c. L'organe de l'olfaction.

1. Il consiste en deux chambres qui s'ouvrent à l'extérieur, près de l'extrémité du museau, par les *narines antérieures,* et en arrière dans la bouche juste en arrière des dents vomériennes par les *narines postérieures*. Observez ces ouvertures.

a. Prenez une grenouille conservée dans l'alcool et introduisez une des pointes d'une paire de ciseaux fins dans une des narines antérieures. Coupez la voûte de la cavité nasale. Vous mettez ainsi à découvert une chambre de forme presque triangulaire. Le sommet du triangle se trouve à la narine externe, la narine postérieure est à un autre angle et plus éloignée de la ligne médiane.

b. Les parois de cette cavité sont légèrement plissées et sur son plancher on remarque une éminence hémisphérique bien prononcée.

c. Ouvrez de la même façon l'autre fosse nasale. Remarquez la *cloison* qui se trouve entre les deux et qui les sépare complètement l'une de l'autre.

d. Ouvrez la cavité nasale d'une grenouille conservée dans le liquide de Müller, grattez doucement ses parois pour en détacher un peu d'épithélium; montez la préparation dans l'eau et examinez-la avec l'objectif le plus puissant dont vous pouvez disposer.

α. Au milieu de nombreuses cellules mutilées, vous en trouverez un certain nombre plus ou moins parfaites : il en est de deux sortes, savoir, de grandes cellules d'épithélium cylindriques (J. 1. *b.*), pourvues chacune d'un noyau, de prolongements périphériques non ramifiés et d'un prolongement ramifié plus considérable. D'autres cellules plus petites ont moins de protoplasma autour de leur noyau et des prolongements plus fins au centre et à la périphérie.

d. Les organes du goût.

1. La forme ainsi que la disposition présentées par la langue de la grenouille ont déjà été décrites (B. 11. *a.*).

Détachez un morceau de la muqueuse de la surface supérieure de la langue d'une grenouille récemment tuée, montez-le dans la solution saline normale, recouvrez-le d'une grosse goutte de liquide et placez sur la préparation une grande lamelle : examinez-la avec l'objectif n° 1.

α. Sur la surface de ce fragment et surtout sur ses bords vous apercevrez de nombreuses petites élévations : ce sont des *papilles;* quelques-unes d'entre elles (*papilles filiformes*) sont pointues à leur extrémité libre et d'autres (*papilles fongiformes*) sont aplaties. Notez les anses que les capillaires forment dans certaines de ces papilles.

β. Examinez à un fort grossissement un des plus minces parmi ces morceaux de muqueuse : les papilles paraissent être tapissées d'un épithélium, en général cilié (J. 1. *c*); cependant quelques-unes de ces papilles paraissent dépourvues de cils partout, sauf sur une bande étroite qui entoure leur sommet tronqué; c'est sur ces dernières papilles que se trouvent les *disques gustatifs*, et on a parfois la chance de voir, sur certaines préparations, des fibres nerveuses qui pénètrent dans ces disques.

J. Points les plus importants de l'histologie de la grenouille.

a. Épithélium.

1. Il est constitué par des cellules qui tapissent les surfaces libres du corps : l'épiderme qui recouvre la peau est un tissu analogue, et, à tous les orifices du corps, il se continue avec l'épithélium. Il y a plusieurs sortes d'épithéliums, savoir :

a. Epithélium plat (*endothélium*). Ouvrez l'abdomen d'une grenouille que vous venez de tuer, enlevez avec précaution les viscères et mettez à découvert la citerne lymphatique située dans la région



dorsale de la cavité du corps. Coupez aussi délicatement que possible, sans tirer ni pousser, un morceau de sa mince paroi, faites tremper le fragment dans une solution de nitrate d'argent à 5/10 0/0 pendant environ trois minutes; puis, après l'avoir enlevé de la solution, lavez-le bien à l'eau distillée et enfin laissez-le, toujours dans l'eau distillée, exposé à la lumière solaire. Aussitôt que ce morceau de membrane pleuro-péritonéale aura pris une teinte brune bien marquée, montez-le dans la glycérine et examinez-le à un fort grossissement.

α. Il paraît recouvert des deux côtés par des cellules plates étroitement serrées les unes contre les autres, dont les contours sont colorés en noir par l'argent : suivant l'intensité avec laquelle la coloration s'est opérée, le noyau est visible ou non dans chaque cellule.

Çà et là, dans les préparations bien réussies, on voit des sortes d'anneaux formés par des cellules plus petites et d'une coloration plus foncée qui entourent de petites ouvertures (*stomates*).

b. Épithélium cylindrique. Grattez légèrement la surface interne de la membrane muqueuse de l'intestin d'une grenouille conservée dans le liquide de Müller; montez dans l'eau les fragments d'épithélium que vous avez détachés et examinez-les à un fort grossissement.

α. On voit de nombreuses cellules allongées, plates à une extrémité, presque pointues à l'autre. Chacune d'elles est pourvue d'un noyau ovale bien apparent.

β. On peut voir *in situ* ces cellules sur une coupe mince de la muqueuse durcie de l'estomac ou de l'intestin. Elles sont étroitement serrées les unes contre les autres et disposées sur une simple couche.

c. Épithélium cilié. Enlevez avec les ciseaux un fragment de la muqueuse de la langue d'une grenouille récemment tuée : montez ce fragment dans une solution de chlorure de sodium à 0,75 0/0, et en évitant toute compression, examinez la préparation à un très fort grossissement.

α. Remarquez l'ondulation apparente que produit le long du bord libre de ce morceau de muqueuse le mouvement rapide des cils; quand les cils commencent à mourir et que leurs mouvements se ralentissent, on peut les voir un à un.

β. Grattez légèrement avec un scalpel une de ces proéminences situées sur la voûte de la cavité buccale de la grenouille, au-dessous des yeux : montez dans la solution salée à 0,75 0/0 les produits de ce grattage et examinez une à une les cellules ciliées avec l'objectif n° 6. Notez leur forme arrondie, leur protoplasma granuleux, leur

noyau et le groupe de cils qui se trouve à une de leurs extrémités. Colorez par l'iode.

b. Cartilage.

Disséquez avec soin le cartilage omosternal ou xiphisternal d'une grenouille que vous venez de tuer. Montez-le dans la solution de chlorure de sodium à 0,75 0/0 et examinez-le avec l'objectif n° 2 ou n° 6.

α. On voit de grandes cellules de cartilage, arrondies, enfouies dans une *substance fondamentale* anhiste ou plus finement granuleuse. Cette substance est plus réfringente aux environs de chaque cellule que partout ailleurs, ce qui donne naissance, autour de chacune d'elles, à une espèce de halo.

β. Dans chaque cellule se trouve un noyau rond granuleux et parfois même deux noyaux, qui contiennent des granulations moléculaires très réfringentes.

γ. Si la préparation est convenablement faite, chaque cellule remplit d'abord complètement la cavité creusée dans la substance fondamentale qui la contient, mais au bout d'un certain temps, ou si la préparation est traitée par l'eau distillée, les cellules se contractent et laissent ainsi entre leur surface et la surface de la cavité qui les contient une sorte d'anneau transparent.

c. Os.

a. Examinez une coupe transversale d'os toute préparée (par exemple, de la diaphyse de l'humérus ou du fémur), en vous servant de l'objectif n° 1. Pour voir les traits essentiels de la structure du tissu osseux, un os de mammifère est ce qu'il y a de mieux.

α. Les *canaux de Havers :* espaces ronds ou ovales qui se sont remplis de poussière quand on sciait l'os, et sont par conséquent noirs et opaques, mais d'autres fois se trouvent clairs et vides.

β. Les *lamelles :* systèmes de couches concentriques qui entourent chaque canal de Havers.

γ. Les *lacunes :* taches noires ovales situées entre les lamelles.

δ. Les *canalicules :* petites lignes noires qui partent en rayonnant des lacunes.

ε. Outre les lamelles que nous venons de mentionner, il en est d'autres qui n'appartiennent point au système Haversien, mais qui comblent les interstices laissés entre ces systèmes, ou entourent l'os à sa partie extérieure.

b. Examinez la préparation avec l'objectif n° 6. Examinez plus en détail les lacunes et les canalicules.

c. Examinez dans l'eau ou la glycérine une coupe mince transversale d'os long décalcifié par l'acide dilué.

α. Les *canaux de Havers* sont vides ou pleins d'une matière granuleuse.

β. Les *lamelles* sont très indistinctes.

γ. Les lacunes apparaissent sous la forme d'espaces ovales transparents.

δ. Les canalicules sont transparents ou presque invisibles.

d. Examinez des coupes d'os décalcifié colorées par le carmin : dans chaque lacune vous trouverez une masse protoplasmique colorée.

e. Examinez des coupes longitudinales du fémur ou de l'humérus : les *canaux de Havers* apparaissent comme des canaux dirigés dans le sens du grand axe de l'os, mais qui communiquent souvent ensemble par des anastomoses transversales. Les *lacunes* et les autres détails de structure sont aussi visibles que sur une section transversale.

d. Tissu conjonctif.

1. Il en est deux variétés principales, savoir :

a. Le tissu fibreux, blanc. Les tendons ne sont guère formés que de ce tissu, mais on le trouve aussi très abondamment distribué dans tout le corps, plus ou moins mélangé à d'autres tissus. Dissociez dans l'eau un morceau de tendon frais : examinez la préparation à un fort grossissement.

α. Ce tissu est principalement constitué par des fibres très fines, onduleuses, qui forment des faisceaux parallèles; elles ont un contour mal défini et ne se ramifient point.

β. Traitez la préparation par l'acide acétique dilué. Les fibres disparaissent pour la plupart, mais il en reste quelques-unes à contours très nets et entortillées (*fibres élastiques jaunes*). On trouve en outre quelques masses protoplasmiques allongées et granuleuses (*corpuscules de tissu conjonctif*).

b. Tissu jaune élastique. Il ne s'en rencontre pas chez la grenouille de grands amas à l'état isolé; mais, quoique mélangé au tissu fibreux blanc ou à d'autres tissus, il est très abondamment distribué.

α. Dissociez dans l'acide acétique quelques-unes de ces bribes de tissu conjonctif sous-jacentes à la peau de l'animal; examinez-les à un fort grossissement. On aperçoit de nombreuses fibres ramifiées, à contours bien nets. Ce sont des fibres élasques jaunes, l'acide acétique a détruit le tissu fibreux blanc.

e. Muscle strié.

a. Dissociez avec précaution un morceau de muscle conservé dans l'alcool, et examinez-le avec l'objectif n° 1.

α. Il est composé de fibres allongées, qui montrent une tendance à se résoudre en filaments plus fins (*fibrilles*).

b. Examinez la préparation à un fort grossissement.

α. Les bandes alternativement plus brillantes et plus foncées placées en travers du grand axe de la fibre (*striation transversale*).

β. La fine membrane anhiste (*sarcolemme*), qui enveloppe la fibre : aux endroits où la fibre est brisée ou tordue, elle apparaît comme un voile délicat.

γ. La tendance à se résoudre en fibrilles.

c. Dissociez un morceau de muscle frais dans la solution salée à 0,75 0/0.

α. Striation transversale des fibres : elle est moins nette que sur un muscle conservé dans l'alcool.

β. La fibre ne montre point de tendance à se résoudre en fibrilles.

γ. Le sarcolemme, qu'on peut voir au point où la continuité de son contenu est rompue par pression, torsion, etc.

δ. Traitez la préparation par l'acide acétique dilué : la striation devient confuse; on voit des noyaux ovales apparaître çà et là sur la fibre.

f. Fibres nerveuses.

Dissociez dans la solution de chlorure de sodium à 0,75 0/0 un morceau de nerf frais. Examinez-le à un fort grossissement.

a. Il est composé de fibres bien définies (*fibres nerveuses blanches*) mélangées à du tissu fibreux blanc (d. 1. *a*).

b. L'apparence que présentent les fibres nerveuses : chacune présente un double contour, indiqué de chaque côté par une ligne très réfringente.

c. La *structure des fibres nerveuses*.

α. La délicate membrane anhiste qui les entoure (*gaîne primitive*).

β. Le contour très réfringent (*gaîne médullaire*) en dedans de la gaine primitive.

γ. L'axe central homogène (*cylindre-axe*); sur les fibres brisées on le voit sortir de la gaine médullaire.

d. Traitez par le chloroforme un fragment de nerf frais après l'avoir dissocié : la gaine médullaire se dissoudra, et le cylindre-axe apparaîtra nettement.



g. Cellules nerveuses.

1. Prenez un ganglion sympathique sur une grenouille qui vient d'être tuée : dissociez-le dans la solution saline normale et examinez la préparation avec l'objectif n° 6.

α. Au milieu des cellules de pigment agglomérées autour du ganglion, on voit des cellules grandes, pâles, granuleuses, en assez grand nombre. Chacune d'elles est pourvue d'un noyau rond, brillant, très net, qui renferme un nucléole distinct.

β. Dissociez dans la glycérine le ganglion de Gasser de la tête d'une grenouille conservée dans le liquide de Müller ou l'acide chromique. On verra des cellules analogues à celles que nous venons de décrire.

γ. Examinez des coupes de la moelle épinière colorées par le carmin ou l'hématoxyline, et notez les grandes cellules nucléées et ramifiées de la substance grise, qui se trouvent surtout du côté ventral de la moelle.

h. La rétine.

1. On peut se procurer des rétines en état convenable de la façon suivante. On prend des yeux de grenouilles très frais, on en pique la cornée en deux ou trois points, et on met ces yeux séjourner pendant trois ou quatre jours dans une solution d'acide chromique à 0,25 0/0. On les transporte ensuite dans l'alcool, où on les garde jusqu'au moment de s'en servir.

a. Coupez avec précaution un œil conservé de la façon que nous venons d'indiquer, et extrayez-en la rétine. Transportez-la sur une lame de verre, et, vous servant de votre rasoir comme d'un hachoir, divisez-la en un certain nombre de coupes minces. Déposez sur la préparation une goutte de glycérine, recouvrez d'une lamelle et examinez à un faible grossissement. Quelques-unes des coupes seront sans doute assez minces pour se prêter à l'examen microscopique.

b. Avec le grossissement faible on voit assez confusément que la rétine est composée d'un certain nombre de couches, dont les unes sont plus opaques que les autres.

c. L'examen à un grossissement plus fort permet de reconnaître les points suivants :

α. La *membrane limitante interne*, couche mince anhiste.

β. La *couche des fibres nerveuses*, mince et granuleuse.

Dans les rétines préparées comme on vient de dire, α et β ne se voient pas toujours très bien.

γ. La *couche des cellules nerveuses :* elle est constituée principalement par des cellules analogues à celles que nous avons décrites plus haut (**g.** I. α), mais plus petites que les cellules des ganglions sympathiques. On peut suivre, jusque dans la couche voisine, les prolongements ramifiés de ces cellules.

δ. La *couche moléculaire :* elle est plus épaisse que la précédente, et possède une apparence finement granuleuse : on y voit fort bien les fibres de Müller (**h.** 1. ι.) qui la traversent.

ε. La *couche granuleuse interne :* c'est cette couche qui, sur une coupe, paraît la plus transparente de toutes. Cela tient à ce que ses éléments sont moins étroitement unis que ceux des autres couches. Elle est constituée par un grand nombre de noyaux (granuleux sur les préparations à l'acide chromique) qu'environne une très faible masse protoplasmique, et par des fibres déliées, dont certaines peuvent être suivies jusqu'aux noyaux ou granules.

ζ. La *membrane fenêtrée.* Couche mince, confuse, où l'on ne voit point d'éléments anatomiques distincts.

η. La *couche granuleuse externe.* Elle est beaucoup plus mince que la couche granuleuse interne et ses éléments sont plus pressés. Elle est composée de fibres distinctes (*bâtonnets et cônes*) dont chacune se dilate et présente, dans la dilatation même, un noyau (la *granulation*).

θ. La *membrane limitante externe*. Couche homogène, mince, analogue à α.

ι. Les *fibres de Müller.* Ce sont des fibres très réfringentes que l'on peut suivre facilement depuis la membrane limitante interne jusqu'à la membrane fenêtrée. Elles traversent probablement cette dernière et vont jusqu'à la membrane limitante externe, mais il est difficile de suivre leur trajet à travers la couche granuleuse interne.

κ. La *couche des cônes et des bâtonnets.* Ce qu'il est essentiel de noter, ce sont les *bâtonnets* volumineux, qui se sont tordus pour la plupart sous l'influence du traitement qu'on a fait subir à la rétine. Sur des préparations réussies, on peut voir que chaque bâtonnet est divisé par une ligne transversale en deux segments : segment interne et segment externe. Les cônes sont petits et en petit nombre. Les bâtonnets les cachent souvent tout à fait.

d. Prenez l'œil frais d'une grenouille ; ponctionnez la cornée et recueillez sur une lame de verre l'humeur vitrée qui s'en échappe. Ouvrez ensuite l'œil, et enlevez un fragment de rétine que vous dissocierez dans l'humeur aqueuse. Le montage de la préparation achevé, examinez-la à un fort grossissement.



α. On y voit de nombreux bâtonnets flottant dans le liquide. Ils sont pour la plupart brisés, mais certains d'entre eux sont intacts et montrent très bien la ligne de démarcation qui existe entre leurs deux segments. Ces deux segments sont d'abord homogènes, mais ils s'altèrent bientôt; le segment externe prend souvent une apparence de striation et montre une tendance à se diviser en fragments qui correspondent aux stries; peu à peu ces bâtonnets se désintègrent entièrement. Ils se tordent, puis se dissolvent... etc.

I. La peau.

1. Coupez un morceau de peau à la face postérieure de la cuisse d'une grenouille qui vient d'être tuée. Lavez-le dans l'eau et examinez-le à un faible grossissement; notez :

a. Les *cellules de pigment;* elles apparaissent comme des taches noires de forme irrégulière, de forme globuleuse ou plus ou moins ramifiée.

b. Les *orifices des glandes cutanées;* elles apparaissent comme des taches transparentes, rondes, quoiqu'en réalité elles aient la forme d'une étoile à trois branches : comptez-les.

2. Prenez un morceau de peau que vous aurez fait macérer pendant un jour ou deux d'abord dans une solution de bichromate de potasse, ensuite dans l'alcool. Pratiquez-y, après inclusion, des coupes perpendiculaires à la surface. Montez les préparations dans la glycérine, examinez-les à un faible grossissement; notez :

a. Les deux couches de la peau, *derme* et *épiderme;* la première est la plus épaisse. Remarquez dans le derme sa couche profonde constituée par du tissu connectif et sa couche superficielle granuleuse qui se trouve immédiatement au-dessous de l'épiderme.

b. Examinez à un fort grossissement.

α. On voit que l'*épiderme* est formé de cellules ombreuses et pressées les unes contre les autres, disposées sur plusieurs couches.

β. Les cellules épidermiques profondes sont granuleuses, nucléées, presque ovales avec leur grand axe perpendiculaire à la surface.

γ. Viennent ensuite plusieurs rangées de cellules, également granuleuses et nucléées, mais de plus en plus petites et de forme toujours plus arrondie à mesure qu'on approche de la surface.

δ. Les cellules des trois ou quatre couches les plus superficielles sont aplaties parallèlement à la surface de la peau, non granuleuses, et sans noyau apparent.

ε. On voit par-ci par-là une cellule pigmentaire au milieu des cel-

lules épithéliales. Certaines de ces dernières même renferment quelques granulations pigmentaires.

ζ. Le *derme :* essentiellement formé par les tissus fibreux et élastiques; ses deux couches, glanduleuse et non glanduleuse.

η. Immédiatement au-dessous de l'épiderme se trouve une couche mince de tissu conjonctif renfermant plusieurs grandes cellules pigmentées, lesquelles forment une couche presque continue.

θ. Viennent ensuite un grand nombre de cavités arrondies; les *glandes cutanées*, tapissées de grandes cellules incolores, légèrement granuleuses, nucléées. Vues de côté, elles paraissent cylindriques, et, vues par la base ou le sommet, elles semblent polygonales. Parfois on peut voir le conduit excréteur de la glande traverser l'épiderme. Entre ces glandes, on voit des faisceaux de tissu conjonctif qui supportent l'épiderme. Ils sont constitués surtout par des fibres disposées perpendiculairement à la surface de la peau.

ι. La couche profonde du derme est formée par des faisceaux de tissu conjonctif, qui sont pour la plupart parallèles à la surface de la peau.

j. Le rein.

1. Prenez un rein de grenouille qui ait macéré pendant huit jours dans une solution de bichromate de potasse, et ensuite pendant un jour ou deux dans l'alcool. Après inclusion, pratiquez-y des coupes parallèles à des surfaces planes, et montez ces coupes dans la glycérine.

a. Examinez-les à un grossissement faible.

α. Vous remarquerez que l'organe est constitué surtout par de nombreux *tubules* qui vont en s'enortillant dans tous les sens, ce qui fait qu'ils sont coupés, les uns en travers, les autres obliquement, d'autres dans le sens de la longueur. Il n'y a pas de distinction marquée entre les substances corticale et médullaire.

β. Les espaces transparents, arrondis, qui se trouvent çà et là; ce sont des coupes de glomérules dont les vaisseaux se sont détachés. Dans certains d'entre eux, on peut voir un amas granuleux.

b. Examinez les préparations à un fort grossissement.

α. L'épithélium qui tapisse les tubules est formé, dans les unes de cellules granuleuses et mal définies, dans les autres (ordinairement plus larges) de cellules claires et à contours très nets; les cellules des deux sortes sont nucléées.

c. Examinez à un faible grossissement des coupes de reins injectés. Notez les bouquets vasculaires des glomérules.



k. Le testicule.

1. Faites durcir un testicule dans l'alcool, et après inclusion préalable, montez-en les coupes dans la glycérine.

a. Examen à un grossissement faible.

L'organe est composé principalement de tubes enroulés qui ont été coupés en sens divers.

b. Examen à un grossissement fort.

α. Notez l'épithélium qui tapisse ces tubes : il n'est pas le même aux différentes saisons de l'année (suivant qu'on l'examine avant ou après l'époque de la reproduction); d'ordinaire il est très granuleux mal défini. Les cellules qui le composent sont disposées sur deux ou trois couches, et dans la saison des amours les cellules de la couche superficielle se transforment en spermatozoïdes, chaque cellule en produisant plusieurs. Ceux-ci sont disposés côte à côte, normalement à la lumière du tube qu'ils semblent ainsi tapisser.

c. Les *spermatozoïdes* (B. 10. *a*. γ).

l. L'ovaire.

C'est peu de temps après l'époque du frai que la structure de cet organe s'étudie le mieux. Enlevez un des ovaires, mettez-le dans l'eau et faites-y une incision. On verra qu'il contient une cavité et l'on verra également de nombreuses protubérances arrondies de grandeur variable qui proéminent tant à l'intérieur de cette cavité qu'à la face externe de l'ovaire. Ce sont des œufs à divers degrés de développement et dont les plus grands ont été plus ou moins envahis par le pigment.

2. Dissociez dans la solution saline normale un morceau d'ovaire; recouvrez la préparation d'une lamelle et examinez-la à un grossissement faible.

a. Notez les œufs. Vous en voyez beaucoup de plus petits que ceux que vous avez vus tout à l'heure à l'œil nu. Ils apparaissent comme des masses granuleuses, de forme sphérique, avec une tache transparente au centre.

b. Examinez à un fort grossissement la portion de votre préparation qui renferme les plus jeunes et les plus transparents. Notez :

α. La mince membrane anhiste, *membrane vitelline*, qui entoure chacun d'eux.

β. La masse granuleuse (*vitellus*) qui forme la plus grande partie de l'œuf. Parfois elle semble formée d'une couche extérieure granuleuse et d'une portion centrale plus claire.

γ. La masse transparente centrale (*vésicule germinative*) enfouie au sein du vitellus. Elle contient un grand nombre de masses très réfringentes (*taches germinatives*).

K. Propriétés physiologiques des muscles et des nerfs.

Exposez une grenouille, sous une cloche, à l'influence des vapeurs de chloroforme. Deux ou trois gouttes de ce liquide suffisent. Prenez votre grenouille aussitôt qu'elle sera privée de sensibilité, ce qui aura sans doute lieu au bout de quelques secondes. Cherchez maintenant avec l'ongle la dépression située au-dessous de la peau à la face dorsale de la tête de l'animal. Cette dépression indique l'endroit où le crâne s'articule avec la colonne vertébrale. Elle se trouve sur une ligne qui unit les bords postérieurs des deux membranes tympaniques. Incisez en ce point la peau et les muscles jusqu'à ce que vous ayez ouvert le canal neural. Par cette ouverture, vous introduirez une forte aiguille dans le crâne d'abord et ensuite dans le canal neural. Ce mode de destruction de la moelle abolit complètement chez la grenouille la possibilité de toute sensation consciente, tout en permettant à la plupart de ses tissus de garder encore un certain temps leur vitalité.

a. Enlevez la peau d'un membre pour mettre les muscles à découvert. Faites passer à travers un de ces muscles un courant électrique intermittent (ou bien frappez-le vivement avec le manche d'un scalpel), immédiatement vous le voyez se contracter, en d'autres termes, *changer de forme d'une façon bien définie :* il devient *plus court* et *plus épais*, et, ce faisant, fait mouvoir les muscles sur lesquels il s'insère.

b. Mettez à nu avec beaucoup de précaution le nerf sciatique, en évitant de l'écraser ou de tirer dessus : coupez-le aussi haut que possible, et le saisissant avec les pinces tout près du bout coupé, posez-le sur les électrodes d'un courant induit. Il est probable qu'au moment où vous couperez le nerf, vous verrez se contracter les muscles du membre. Qu'il en soit ainsi ou non, toujours est-il qu'ils se contractent violemment au moment où le courant intermittent passe dans le nerf.

[Si l'on n'a pas à sa disposition un courant d'induction, un fil de cuivre décapé enroulé autour d'un morceau de zinc constitue un appareil dont on peut se servir pour stimuler un nerf, à condition de tenir les points de contact des deux métaux humectés avec de l'acide acétique dilué. En frappant violemment, ou en pinçant un nerf, on peut aussi l'exciter, mais il est vite tué par l'emploi de pareils procédés.]

Les expériences que nous venons de décrire montrent :

c. Que le muscle est *irritable* et *contractile :* que certains agents externes (*stimuli*) produisent en lui certains changements dont le résultat est une contraction musculaire.

d. Le nerf est *irritable :* certains agents externes produisent en lui certaines modifications, qui, dans ce cas particulier, se manifestent par la contraction des muscles auxquels le nerf se distribue.

e. Le nerf est doué de *conductibilité :* car bien qu'excité à une certaine distance du muscle, il lui transmet, à travers toute sa longueur, les modifications apportées en lui par le stimulus.

LA FORME ANCESTRALE DES CHORDATES

Par A.-A.-W. Hubrecht

Professeur de Zoologie à l'Université d'Utrecht.

Une question des plus importantes s'est dressée en biologie quand la loi de développement a été reconnue comme la seule véritable explication des faits antérieurs à nous.

Cette question se pose ainsi : « De quelle souche invertébrée dérivent les vertébrés, et, parmi les invertébrés aujourd'hui vivants, quels sont ceux qui par leur organisation se rapprochent le plus de cette souche primitive? » La solution parut trouvée en 1868 quand Kowalewsky fit ses belles recherches sur la comparaison des développements de l'Amphioxus et des Ascidiens. La larve des Tuniciers fut, à l'époque, regardée comme le chaînon perdu et celle qui de tous les invertébrés se rapprochait le plus de la forme parente que l'on recherchait.

Depuis lors, le point de vue a changé, et les dernières recherches, particulièrement celles de Dohrn et de Ray-Lankester, ont donné la presque certitude que les Tuniciers doivent, au contraire, être regardés comme des vertébrés dégénérés, qui peuvent nous aider à retrouver le chaînon qui nous manque. Dohrn, Semper, Hatschek, Leydig, Kleinenberg et Eisig sont parmi les derniers auteurs ceux qui ont suggéré et le plus brillamment exposé que ce sont les annélides qui offrent le plus grand nombre de points de ressemblance avec les vertébrés, que les annélides et les arthropodes descendent, ainsi que les vertébrés, d'un type primitif ressemblant de loin à la forme du Polygordius, et que la seule chose que cette supposition implique nécessairement est l'ancienne idée de Geoffroy Saint-Hilaire que le côté ventral des annélides et des arthropodes est l'homologue du côté dorsal des vertébrés.

Ces naturalistes expliquent la différence de situation de la bouche et de l'œsophage par rapport au ganglion cérébral, à l'aide de diverses hypothèses ingénieuses qui diffèrent cependant entre elles. Ces opinions gagnèrent néanmoins rapidement du terrain, bien que l'école de Gegenbaur et de Hæckel n'ait jamais pu se mettre d'accord avec elles. Gegenbaur regarde les deux cordons latéraux qu'on trouve chez les Némertiens, comme un arrangement primitif d'où peut, dans

un certain sens, être dérivée la corde nerveuse ventrale des annélides et des arthropodes. Harting (*Leerboek der Dierkunde*, 1874) tendrait à accepter la possibilité d'une coalescence dorsale de même nature, qui aurait donné naissance à une corde spinale. Balfour et moi-même penchions volontiers vers ce côté de la question en litige, lui lorsqu'il traçait, dans le *Développement des Poissons Elasmobranches* les contours de cette explication, moi en récapitulant les faits tels que ceux que j'ai fait connaître dans l'organisation de certains Némertiens chez lesquels une tendance vers le rapprochement des cordons latéraux sur le côté dorsal était certaine (*Werh. der. Kon. Akad. van Wetenschappen*, Amsterdam 1880). Lorsque Balfour, dans le second volume de son *Embryologie comparée*, se fit le défenseur des idées en opposition avec celles qui admettaient les affinités des annélides, on put croire que la plupart des jeunes naturalistes attendraient pour juger entre ces deux hypothèses.

La grande difficulté qui se présente pour mettre hors de doute un groupe défini des invertébrés plus étroitement en relation avec les vertébrés primitifs est l'absence totale de quelque chose qui rappelle un organe aussi important et se formant aussitôt que la corde dorsale des vertébrés. Les tentatives qui ont été faites pour trouver quelque chose qui y ressemble chez les annélides, même chez Polygordius et les formes voisines archaïques, ont été vaines ou stériles ; il faut aujourd'hui chercher dans quel groupe des animaux invertébrés nous devons trouver un organe qui, selon nous, se rapproche de la notocorde des vertébrés et puisse remplacer la forme de transition tant désirée par laquelle les Chordates s'allient aux Métazoaires les plus inférieurs, et en réalité ces formes ne possèdent pas l'organisation la plus spécialisée des animaux segmentés (les arthropodes et les annélides) et ne demandent pas à être ainsi sens-dessus dessous avant que leur homologie avec les vertébrés les plus inférieurs soit admissible.

Il ne faut attribuer la tentative que je fais en établissant cette hypothèse avant de pouvoir l'étayer d'un grand nombre de faits qu'à mon désir d'entraîner dans l'étude des nombreux problèmes qu'elle suggère les savants biologistes qui ont plus de loisir que je n'en ai moi-même et qui trouveront de meilleures occasions, et d'engager une question que l'on doit regarder comme de la plus haute importance pour la morphologie moderne.

« D'après mon opinion, la trompe des Némertiens, qui nait comme une structure invaginale (dérivée entièrement, soit phylogénétiquement, soit ontogénétiquement, de l'Epiblaste) et qui passe à travers une partie du ganglion cérébral, est l'homologue de l'organe rudimentaire

que l'on trouve dans toute la série des vertébrés sans exception, l'hypophyse du cerveau. La gaine proboscidienne des Némertiens est comparable par sa situation (et son développement?) avec la corde dorsale des vertébrés. »

Après ce court exposé de mon hypothèse, je vais discuter brièvement ses différents détails.

Je n'ai pas l'intention d'étudier les nombreuses modifications de structure que présente l'hypophyse du cerveau chez les différents vertébrés adultes, ni ses apparences glandulaires, ni la connexion qu'elle présente avec les vaisseaux sanguins; mais je désire me resteindre à la comparaison de ses premiers stades ontogénétiques, dans lesquels on doit présumer qu'elle reproduit le plus purement ses caractères ancestraux.

Nous voyons que l'hypophyse prend naissance comme une invagination de l'épiblaste, naissant soit indépendamment de la surface extérieure (ce qui, d'après les intéressantes recherches de Dorhn, est le cas dans une des formes les plus inférieures de l'échelle des vertébrés, le Petromyzon), cette invagination se dirigeant en même temps vers la terminaison antérieure de la notocorde et continuant directement, soit (comme chez les vertébrés plus élevés) ne naissant pas directement de la surface externe, mais de cette portion de l'épiblaste qui est devenu le stomodœum. Dans ce dernier cas, l'hypophyse naît, comme une excroissance dorsale médiane, de la cavité buccale, se dirige vers cette portion de la surface inférieure du cerveau, où, entre le prosencéphale et le mésencéphale, l'infundibulum s'incline vers le bas en formant en même temps la limite à laquelle s'étend en avant la notocorde sous le cerveau.

Ce fait, qu'une excroissance du cerveau naît aussi en dessous pour rejoindre l'invagination épiblastique, indique suffisamment que dans les générations ancestrales, où l'hypophyse était un organe moins rudimentaire, il existait une sorte de connexion entre elle et l'épaississement cérébral du système nerveux central. Nous avons déjà insisté sur la présence constante, chez tous les vertébrés, d'un organe aussi rudimentaire que l'hypophyse, et de la signification duquel on n'a pas donné jusqu'à ce jour d'explication plausible.

Ces deux faits viennent à l'appui de ceux qui les regardent comme de structure ancienne, ayant déjà une grande importance et présentant une valeur physiologique plus définie et en même temps différente.

En retraçant cette signification ancestrale, il ne faut pas perdre de vue la relation avec le cerveau et la relation un peu moins directe, mais cependant bien réelle avec la notocorde.



Considérons maintenant l'histoire ontogénique et phylogénétique de la trompe des Némertiens. Dans les plus inférieurs Plathelminthes, les recherches de Von Graaf, depuis peu couronnées par sa brillante monographie, avaient mis en lumière les différents stades à travers lesquels la rétractilité d'une partie de l'extrémité antérieure tactile du corps, dans laquelle se trouvent les éléments urticants, menait à l'apparition d'une structure proboscidienne définie, qui prend une musculature spéciale et qui (dans les Rhabdocèles de Graff), devient définitivement une trompe, directement comparable à celle des Némertiens, située comme elle en avant de l'intestin, recouverte intérieurement (extérieurement lorsqu'elle est renversée) par la continuation directe de la couche inférieure de l'épiblaste, servant d'organe du tact, et en même temps par ses némato-cystes, d'organe d'attaque.

La trompe des Némertiens est aussi directement reliée avec la structure importante des vers plats inférieurs, comme l'a déjà noté Gegenbaur dans *Grundzuge* (1870). Nous trouvons les éléments urticants largement développés dans le revêtement proboscidien des Palæonémertiens et des Schizonémertiens, tandis que dans les Hoplonémertiens les éléments tactiles doivent peut-être avoir prédominé, si nous en jugeons d'après l'arrangement extrêmement complexe et le développement considérable du tissu nerveux dans la trompe de ces formes qui, en outre, est ici pourvue d'une armature centrale en forme de stylet.

Aussi, quant au développement ontogénique de la trompe des Némertiens, la grande majorité des auteurs admet qu'il se fait comme une invagination de l'épiblaste, commençant à l'extrémité antérieure et se prolongeant en arrière. On ne connaît pas encore de détails plus étendus sur les stades successifs du développement; le fait principal seul que nous venons de mentionner est généralement accepté.

Il est très important de remarquer que, dans ce cheminement en arrière, la trompe se fraye un chemin entre les deux épaississements antérieurs de la corde nerveuse latérale, qui, dans Carinella, constitue le cerveau némertien le plus simple, et dans les autres genres se subdivise plus ou moins, les deux moitiés droite et gauche étant unies par une commissure épaisse, ventrale par rapport à la trompe et par une commissure plus mince dorsale.

Dans tous les cas, la trompe passe à travers l'anneau de tissu nerveux aussi formé; dans tous les cas, la gaine proboscidienne s'étend en avant de niveau avec la commissure nerveuse à travers laquelle passe la trompe.

Si nous regardons le cordon spinal et le cerveau des vertébrés comme une coalescence dorsale de troncs latéraux semblables à ceux des némertiens (comme je l'ai soutenu dans *Anatomie et physiologie du système nerveux des némertiens*, Amsterdam, 1880), dans ce cas la double proposition émise nous amène à conclure que le point mentionné correspond à cette partie du cerveau des vertébrés où l'hypophyse (proboscide) se replie en remontant vers l'appareil nerveux central, et où la notocorde (gaine proboscidienne) se termine, c'est-à-dire la région du cerveau antérieur primitif.

Cette proposition implique en même temps l'homologie entre le cerveau antérieur des vertébrés et la partie des lobes nerveux des plathelmynthes ancêtres.

Il reste maintenant à rechercher, et les faits nous poussent dans cette direction, si la distinction entre les deux paires de lobes tels que ceux que l'on trouve dans beaucoup de némertiens ne s'est pas perpétuée chez les vertébrés, les lobes supérieurs (après la coalescence dorsale des deux moitiés du système nerveux) devenant le cerveau antérieur, les lobes inférieurs étant les équivalents du cerveau postérieur. Les deux points suivants sont en faveur de cette interprétation :

1° Les nerfs des organes sensitifs les plus élevés, des yeux [1] et du sens olfactif (?) se détachent des lobes au niveau du cerveau supérieur.

2° Le nerf vigoureux qui fournit aux deux côtés de la région antérieure de l'œsophage (le respiratoire, M. Intosh ?), et pour lequel dans un travail antérieur j'ai proposé le nom de nerf vague, prend son origine dans les lobes inférieurs.

Dans la coalescence dorso-médiane de ces lobes inférieurs et des troncs latéraux, au-dessus de l'intestin et de la gaine proboscidienne, cette dernière doit s'être séparée antérieurement à sa connexion avec les deux systèmes nerveux et la trompe. Ne peut-on interpréter comme une réminiscence de cette connexion ce fait que l'extrémité antérieure de la notocorde se recourbe vers le haut chez plusieurs des Elasmobranches inférieurs (C.-F. GEGENBAUR, *Das Kopfskeld der Selacien*, pl. IX, fig. 1 et 2).

Un autre caractère qui est commun à ces deux invaginations épiblastiques, l'hypophyse et la trompe, est le changement de leur ouverture externe. Parmi les némertiens, on trouve des exemples qui

1. Il est bien entendu que les yeux ectodermiques des Némertiens ne peuvent être comparés aux yeux myéloniques des vertébrés. Toutefois il est important de remarquer que Graff a déjà réussi à montrer de véritables yeux cérébraux dans les autres plathelminthes. (*Monogr. der Turbellarien*).

forment un parallèle avec le grand groupe des vertébrés, dans lesquels l'hypophyse (comme dans le Pétromyzon) ne naît pas indépendamment de la surface extérieure, mais où c'est une invagination, dirigée vers le haut de la partie supérieure de la cavité buccale. Dans Malacobdelle et Akrostome (groupe Hoplonémertien, créé par Grube, dans lequel je place, par exemple, ***Amphiporus biocululatus*** et ***A. Hastatus*** de Mc. Intosh et dont j'ai moi-même étudié plusieurs spécimens), l'ouverture de la trompe n'est pas située à l'extrémité antérieure, mais bien sur le sillon dorsal de la région intestinale, précisément à l'intérieur de la bouche. J'ai les plus grandes raisons de croire, sans entrer dans de plus grandes explications, que c'est une modification secondaire, et que cette ouverture séparée est l'état originaire des choses se reliant phytogénétiquement à la proboscide séparée de certains Rhabdocœles.

Ces faits nous permettent de regarder la trompe des Plathelminthes Némertiens comme l'homologue de l'hypophyse des vertébrés. C'est ce que nous avons suggéré dans la première partie de notre proposition.

La gaine proboscidienne chez les Némertiens se trouve dans une cavité close de tous côtés et pourvue d'épithélium. Elle est située dans la ligne dorsale médiane, au-dessus de l'intestin, précisément en dedans de la couche musculaire, à laquelle elle est plus ou moins fortement fixée. Les fibres musculaires forment dans une grande étendue l'épaisseur du tube dont nous parlons.

Elle se termine au voisinage immédiat de l'anus et s'étend en avant précisément en face du ganglion cérébral, qui, dans les Schizonémertiens et les Palæonémertiens, est situé à une courte distance en avant de la bouche placée sur la face ventrale.

Chez les Hoplonémertiens, la bouche a passé en avant presque jusqu'à l'extrémité de la tête, la région intestinale passant ainsi antérieurement au delà de la gaine proboscidienne. Chez certains autres némertiens, la cavité proboscidienne ne s'étend pas sur toute la longueur de ce corps postérieurement. Tel est, par exemple, le cas dans un genre qui doit, pour plusieurs raisons, être regardé comme le moins différencié du type primitif, le genre ***Carinella.*** C'est seulement dans la région antérieure de ce corps qu'existent la trompe et la cavité qui l'entoure, cette dernière étant placée généralement au-dessus de l'intestin. Ici aussi, la bouche existe à la surface ventrale, l'ouverture de la trompe étant terminale. Un autre genre, ***Drepanophorus***, mérite une mention spéciale, parce que le volume de la cavité de la gaine s'accroît par des sacs latéraux à parois minces, placés métamérica-

lement un au-dessus de chaque cerceau latéral de l'intestin et communiquant avec la cavité de la gaine par des perforations étroites de tissu musculaire de ses parois. M. Intosh et Barrois admettent que le carcinophile des némertes ne présente pas de gaine proboscidienne spéciale. Barrois établit que la trompe est extrêmement réduite (ce qui, d'après lui, est un effet du parasitisme) et flotte dans la cavité générale. N'ayant pas examiné moi-même cette espèce, et n'ayant pas toujours rencontré une cavité générale dans les autres némertines, nous pensons qu'il est nécessaire d'examiner soigneusement cette espèce, qui peut être d'une certaine importance pour le problème dont nous poursuivons la solution.

Le type suivant lequel est construite la gaine proboscidienne est le même d'un bout à l'autre de tout le groupe, quoique les éléments musculaires de sa paroi puissent augmenter en nombre, prendre un arrangement beaucoup plus compliqué, ou que leur grandeur puisse être considérablement réduite. Elle peut prendre une étendue considérable, correspondant aux mouvements, la rétraction rapide ou le mode de reploiement de la trompe qu'elle entoure. Elle est remplie d'un fluide renfermant des corpuscules à formes caractéristiques et, dans un cas, *Cerebratule urticans*, extrêmement caractéristiques par ses propriétés chimiques, c'est-à-dire par la présence de l'hémoglobine. Ce fluide n'a aucune relation avec celui qui circule dans les vaisseaux sanguins longitudinaux et transversaux. Le vaisseau sanguin dorsal se trouve sous la gaine proboscidienne, entre elle et l'intestin. Dans quelques cas, il est logé dans la paroi musculaire de la gaine, dans la partie la plus antérieure du corps, au-dessus de l'œsophage. Il faut noter la possibilité de comparaison avec la corde subnotocordale des vertébrés.

L'épithélium interne qui limite la cavité de la gaine est très marqué et partout présent; il est moins visible dans Carinella, peut-être à cause de l'extension considérable qu'a prise la gaine dans tous les spécimens qui ont été examinés jusqu'à ce jour à ce point de vue.

Tel est l'arrangement général de la gaine proboscidienne, et il nous reste à examiner ce que nous savons sur son développement dans l'embryon.

Les données utiles sont insuffisantes et sous certains rapports contradictoires. Barrois la décrit dans certaines espèces de Lineus comme se développant du tissu mésoblastique entre l'épiblaste et l'hypoblaste, et s'étendant graduellement en arrière en même temps que se développe la trompe qui la pousse dans cette direction. Dans l'amphiporus, le développement de la gaine proboscidienne a été étudié

par le même observateur, et d'après sa description il y a là une divergence remarquable avec le développement qu'elle présente chez Lineus.

Dans amphiporus, la gaine proboscidienne ne se forme pas graduellement, cheminant lentement en arrière, le long de la ligne dorsale médiane; mais elle apparaît tout à coup entourant la trompe dans toute sa longueur. Ici, elle est formée en dehors de la masse graisseuse, qui d'un autre côté donne naissance au tube digestif.

Tetrastemna, un autre Hoplonémertien, correspond de très près, d'après le même observateur, à l'Amphiporus déjà décrit.

Salensky, qui a dernièrement fait paraître une courte note (*Biologisches Centralblatt*, 1883) sur le développement des Némertes (Borlasia) vivipares, assigne à la gaine proboscidienne une origine mésoblastique. Cependant il a noté qu'il lui semble exister une connexion entre la première origine de l'œsophage et celle de la trompe. Comme il a renvoyé pour donner les détails de cette connexion à une publication ultérieure, nous ne pouvons en ce moment juger de sa valeur.

Hoffmann est le seul auteur qui ait donné quelques détails sur la formation de la gaine proboscidienne. D'après les coupes qu'il a faites sur le Tetrastemma, une partie de la trompe est pendue à la surface dorsale du canal alimentaire. La gaine proboscidienne musculaire est d'origine mésoblastique. Cette observation, qui peut s'accorder avec l'origine épiblastique de la trompe que nous avons notée ci-dessus, peut cependant permettre une interprétation différente. Je désirerais faire une simple suggestion : c'est que probablement Hoffmann a confondu la formation de la partie interne de la gaine proboscidienne (très souvent confondue avec la trompe) avec celle d'une partie de la trompe elle-même.

Les éléments internes de formation hypoblastique s'unissent alors avec les dérivés mésoblastiques, particulièrement les éléments musculaires, appliqués extérieurement sur les premiers et constituant ensemble la gaine proboscidienne, c'est-à-dire la paroi de la chambre proboscidienne.

Cette interprétation paraît être plus acceptable que la coalescence d'un dérivé tubiforme de l'hypoblaste avec une invagination de l'épiblaste cheminant en arrière, dont la fusion donnerait naissance à la trompe définie cylindrique, renversable. Balfour, dans son embriologie comparée, croit ne pas devoir admettre l'opinion d'Hoffmann sans plus ample confirmation.

Cette observation, si on doit l'interpréter comme elle a été émise,

est très importante, et il faut désirer qu'on la renouvelle. Cette observation ainsi que la description de Barrois citée ci-dessus ouvrent cette perspective que l'embryologie peut éventuellement réussir à démontrer, pour la gaîne proboscidienne ou pour une de ses parties constituantes, une origine hypoblastique.

S'il était prouvé qu'il en est ainsi, non seulement sa situation, mais encore son développement correspondraient à ceux de la notocorde des vertébrés inférieurs. De plus, en considérant que dans plusieurs cas l'origine de la notocorde chez les vertébrés est évidemment mésoblastique (ce phénomène étant considéré comme secondaire, l'origine hypoblastique comme primaire ou arrangement ancestral), on ne peut regarder comme absolument nécessaire que dans les autres rejetons, les némertiens, l'origine hypoblastique de la gaine proboscidienne soit démontrée tout d'abord avant qu'une certaine homologie entre la notocorde et la gaine proboscidienne puisse être acceptée.

Chez les némertiens aussi bien que chez les vertébrés, l'origine mésoblastique de la gaine proboscidienne peut être une condition secondaire. Dans ce cas, il ne faut pas attribuer une trop grande valeur aux cas particuliers de coïncidence dans les données embryologiques, et ce sont les représentants les plus primitifs des deux groupes qui sont spécialement les plus propres à fournir une évidence d'un caractère concluant. Il faut attendre une évidence plus grande avant de nous plonger plus avant dont le domaine de la spéculation.

De plus, dans cette question, il ne faut pas perdre de vue que le fait de la cavité de la gaine proboscidienne charriant des corpuscules particuliers, et de la présence d'un sac clos limité par un épithélium, tend à lui donner le caractère général d'une cavité, diverticulum cœlomique, placé dorsalement et longitudinalement, mais qui par ces caractères généraux doit nous faire croire à une dérivation de l'archentéron plutôt qu'à une origine schizocœlique dans les tissus mésoblastiques.

Si nous penchons à regarder la dérivation mésoblastique comme primaire, et si nous regardons comme possible une origine commune de la notocorde et de la gaine proboscidienne chez l'ancêtre commun des vertébrés et des némertiens, nous avons encore à supposer comme un arrangement plus primitif l'épaississement des tissus mésoblastiques, qui devient beaucoup plus solide dans l'un et se creuse par la trompe dans l'autre. Il y a là une contradiction entre l'origine hypoblastique de la notocorde des vertébrés et la signification phylogénétique de l'hypophyse.

Nous avons maintenant à considérer certains aspects de l'homologie suggérée entre la notocorde et la gaine proboscidienne.

Ici, il n'est pas douteux que la notocorde complètement développée des vertébrés ne soit une structure d'un caractère entièrement différent de la gaine proboscidienne d'un némertien. L'une est un organe solide, rigide; l'autre est un tube creux. De plus, aux premiers stades de sa formation, la notocorde des vertébrés primitifs (voy. Hatchek, *Développement de l'Amphioxus*) possède une rainure centrale, qui est un dérivé de l'archentéron et qui s'oblitère seulement secondairement, d'accord avec la différenciation ultérieure des tissus de la notocorde [1].

La différence ultérieure de la structure histologique de l'une dont le tissu cellulaire est éminemment vacuolaire, et chez l'autre les parois cellulaires et le contenu fluide du tube dont la cavité, comme c'est la règle, n'est pas oblitérée, ne sont pas des objections sérieuses à opposer à leur homologie éventuelle. Dans plus d'un cas, la morphologie moderne admet que des cordons cellulaires solides sont homologues avec ceux qui renferment une cavité.

Les différents degrés suivant lesquels le tissu musculaire prend part à la constitution de la gaine proboscidienne ne doivent pas être négligés, d'autant plus qu'on ne le retrouve pas dans la notocorde et ses enveloppes. Dans les némertiens, on peut montrer que le tissu musculaire est très étroitement en relation avec la fonction de la trompe et qu'en fait il est parfois extrêmement réduit.

Par suite, son importance comme point de comparaison ne doit pas être oubliée.

Toutes ces différences sont, dans ce dernier cas, dues à la signification différente dans l'économie animale, qui dans ces deux groupes à été atteinte par cet organe. Dans les vertébrés, cette structure centrale rigide, qui soutient les somités mésoblastiques dans leur enveloppement progressif, présente le caractère d'un axe temporaire, autour duquel prennent place ces processi. On reconnaît cependant son caractère important comme organe primitif, c'est-à-dire ancestral, ou plutôt à cause de sa disparition graduelle dans les formes adultes des groupes plus élevés, où sa signification comme axe de soutien a été remplacée par celle de la colonne vertébrale.

1. Il est important d'appeler l'attention sur certains travaux insérés dans le volume de 1882 de *Archiv. für Anatomie und Physiologie.* L'un est de Lieberkun, « Ueber die Chorda der Saugethieren », l'autre de Braun, « Entwickelungsvorgange aus Schwanzende des Saugethieren ». Ces deux naturalistes s'accordent à admettre que dans les différentes régions du corps « la notocorde est tout d'abord une cavité, de structure tubiforme ». Braun admet la même chose chez les oiseaux. Kolliker, Strahl et autres sont arrivés dernièrement à des résultats semblables.

En considérant les relations entre l'hypophyse et la notocorde, et entre l'organe rudimentaire nommé tout d'abord et le cerveau, il nous semble que, chez un ancêtre éloigné des vertébrés, il est possible qu'il ait servi à loger une trompe rétractile, de fonction tactile.

Un fait important que je puis citer en terminant est un phénomène qui a été souvent observé dans la partie postérieure de la gaine proboscidienne de différentes espèces de cérébratiles, qui s'infléchit vers l'extrémité postérieure du corps. Tandis que, dans les spécimens les plus jeunes de cette espèce, la gaine est un tube creux, couché vers le bout, dans les spécimens plus âgés et plus grands l'aspect des choses a changé. A l'extrémité postérieure du corps, la cavité est ici à peu près remplie par un tissu cellulaire continu, avec des noyaux distincts, parfois même complètement oblitéré. Ce tissu cellulaire est parfois manifestement glandulaire, et dans un grand nombre de cas l'arrangement est tel qu'on peut le regarder comme une collection d'acini radiaux qui augmentent considérablement la surface.

Des recherches futures permettront de décider si cette oblitération évidente peut être interprétée comme un pas vers une solidification réelle de cette partie du tube, qui est comparativement d'une mince valeur pour la fonction générale en connexion avec l'expulsion de la trompe. Cette modification de fonction, cette apparence histologique se présentent seulement dans les groupes les plus primitivement organisés, qui font rarement usage de leur trompe. On ne les trouve nulle part chez les Hoplonémertiens, qui sont plus spécialisés et chez lesquels la trompe est constamment en jeu, et où le développement des éléments musculaires de la gaine proboscidienne varie considérablement.

En dehors de cet argument, qui peut s'appuyer sur la nature de ce revêtement cellulaire, la signification de ce phénomène a été soigneusement recherchée.

Nous pouvons nous figurer auprès d'une pareille ligne de développement la conversion éventuelle d'une gaine proboscidienne en notocorde solide, et autour de cette gaine de némertien fonctionnant comme un axe viendraient s'arranger symétriquement les autres organes, de la même façon qu'ils entourent la notocorde des vertébrés.

Nous pouvons fort bien admettre que l'enveloppe musculaire de la partie postérieure peut être réduite considérablement et remplacée par une gaine plus ou moins homogène et comparativement mince.

Après avoir présenté les arguments qui ont aujourd'hui une valeur

pour insister sur l'homologie entre la trompe et l'hypophyse d'un côté, et entre la gaine proboscidienne et la notocorde de l'autre, il nous reste maintenant à rechercher quels sont, dans l'anatomie des némertiens, en dehors des points qui sont connus, ceux qui corroborent ou affaiblissent cette idée que les némertiens ressemblent, beaucoup plus que les autres groupes connus des invertébrés, aux ancêtres des Protochordates.

Je dois insister fortement sur ce fait que je ne me fais pas l'avocat de la relation directe entre les némertiens et les vertébrés actuels. Mes arguments n'ont d'autre but que de montrer que le plan général de structure d'un némertien a plus de rapport avec celui d'un animal vertébré qu'avec celui, par exemple, d'un archiannélide, et que le chaînon qui relie les ancêtres cœlentérés aux descendants vertébrés comprenait probablement le plus de formes dans lesquelles existaient les deux cordons nerveux latéraux, se réunissant enfin dorsalement, et chez lesquelles une trompe épiblastique remplissait le but dont nous avons parlé, ou était remplacée par d'autres lorsque les animaux passaient graduellement du type plathelminthe au type cordate.

En même temps que ce passage du type cœlentéré à celui des chordates, il a dû s'établir un processus des plus importants, menant à la formation d'une cavité séparée de l'archentéron, avec lequel, comme nous l'apprend l'embryologie, certains diverticules étaient originairement en communication ouverte, se resserrant ensuite et se développant dans les couches splanchniques et somatiques ayant entre elles la cavité.

Les brillantes recherches de Lang sur *Gunda segmentata* et de Hatschek sur le développement de l'Amphioxus peuvent tout d'abord nous guider. Après avoir lu avec soin ces importants travaux et les avoir comparés, on est frappé de la grande probabilité de cette opinion de Lang que les diverticula alimentaires de ces plathelminthes sont les avant-coureurs de l'arrangement du cœlome chez les vers les plus entérocœlés, et que, à l'aide de ce chaînon, nous saisissons mieux le chemin qu'ont suivi les annélides pour se développer d'une souche ancestrale plathelminthe [1].

D'un autre côté, les stades du développement de l'amphioxus où l'on trouve une double série de diverticula latéraux de l'archentéron, qui se convertissent ultérieurement en somites mésoblastiques, paraissent

1. Il faut noter que plus tard Lang (*Biologisches Centralblatt*, mai 1883) a émis des doutes sérieux sur ses propres propositions. Il reste à savoir si cette investigation ultérieure confirmerait plutôt son hypothèse primitive que ses doutes.

être d'une très grande importance, au point de rendre très probable que chez les ancêtres des vertébrés certaines formes munies de cœcums alimentaires placés métaméricalement peuvent avoir été acquises et dont le stade larvaire de l'amphioxus serait une réminiscence. Chez les vertébrés actuels, les diverticulums alimentaires primitifs, nés du cœlome sont réduits à deux.

Ceci paraît être une simplification ultérieure. On n'a pas encore fait de tentatives pour expliquer cette simplification et pour ramener le processus de formation du cœlome de l'amphioxus aux mêmes règles que chez les autres vertébrés. Ce sera fait sans doute quelque jour par les savants qui s'occupent de ce sujet. Pour le moment, il suffit d'établir que le développement ultérieur des somites mésoblastiques chez la plupart des vertébrés rétablit l'homologie avec les processus les plus primitifs de l'amphioxus.

Pour nous, le stade larvaire de l'amphioxus est de tous le plus intéressant, parce qu'il peut mener aux plathelminthes, correspondant avec par *Gunda* la présence des cœcums alimentaires placés métaméricalement et d'une métamérication générale interne, mais différant de *Gunda* par plusieurs points importants, tels que la présence de ces avant-coureurs, l'hypophyse et la notocorde, dont on ne trouve pas trace chez les triclades marins.

Ces plathelminthes doivent avoir beaucoup plus ressemblé aux némertiens actuels qu'à tout autre être. Ici, une importante question se pose.

La formation d'un cœlome s'était-elle déjà faite chez les némertiens ou non? c'est-à-dire ces animaux avaient-ils une cavité développée et séparée de la région primitive digestive, ou ne la possédaient-ils pas? Bien que j'aie formellement combattu les tentatives qui ont été faites pour ranger les némertiens parmi les vers plats appelés parenchymateux, et que je me sois efforcé de montrer que l'arrangement régulier des cœcums digestif et générateur, le développement entre eux des septa musculaires, etc., vont à l'encontre de ces tentatives, bien que nos idées sur la signification d'une vraie cavité comme un dérivé ultime de l'archentéron aient dans ces dernières années gagné beaucoup en clarté, j'hésite encore à affirmer qu'une cavité de cette nature existe chez les némertiens, et j'inclinerais à répondre négativement sur cette question.

Chez les Hoplonémertiens les plus hautement différenciées et chez les Schizonémertiens et Palœonémertiens les plus primitifs, j'ai trouvé de nombreux cas dans lesquels tous les espaces restés libres entre les pores musculaires d'un côté et la cavité de la circulation de la géné-

ration intestinale et proboscidienne de l'autre constituaient des masses interrompues de tissu connectif.

Parfois, plus spécialement autour de l'œsophage, on trouve des fissures apparentes et des cavités dans ce tissu. Elles ne sont pas limitées par un épithélium (peut-être en communication avec le système vasculaire?), et elles peuvent être comparées au vrai Schizocœlome (Huxley), c'est-à-dire à des fissures dans un tissu mésoblastique.

Tous ces faits me portent à regarder les diverticulums alimentaires des némertiens, comme Lang pour ceux de *Gunda*, comme des sacs cœlomiques au début, comparables à ceux du stade larvaire de l'amphioxus.

Une question difficile à résoudre est la suivante : De quelle façon ces diverticulums alimentaires changent-ils de fonction et de signification et dans quelle étendue? S'ils ont été acquis dans le but d'agrandir la surface digestive, ils ont pu, dans le cours du temps, de même qu'ils se rétrécissent, avoir perdu cette fonction et à sa place avoir développé des couches puissantes de tissu musculaire épithélial dans leurs parois, qui représentent alors les myomères successives, et qui finalement remplacent les parois musculaires originaires (*Hartmus Kelschlauch*), ne se divisant jamais eux-mêmes en myomères et dérivés originairement de l'épiblaste.

On trouve chez certains vertébrés des traces de cette gaine musculaire épiblastique, enveloppant primitivement les myomères, naissant secondairement des diverticula alimentaires, extérieurement à leur musculature générale.

Ce qui reste jusqu'à présent insoluble, c'est la question de savoir où sont les premiers facteurs de cette importante transformation, dont nous avons seulement exquissé ici les contours.

Nous avons maintenant à comparer les Némertiens et les Vertébrés primitifs sous un autre point de vue important : les diverticula œsophagiens les plus avancés et leurs relations avec l'appareil des fonctions respiratoires et sensorielles (?). Je n'entrerai pas dans une discussion approfondie sur ce sujet; une énumération des principaux points suffit pour le moment.

On n'a jamais trouvé chez les Némertiens d'appareil respiratoire spécial, analogue aux branchies externes. A un stade précoce du développement embryologique, deux diverticula latéraux, situés dans la partie la plus avancée de l'œsophage, en avant de la bouche, bourgeonnent sur ses parois (Bütschli, Barrois et autres) et sont à ce moment directement comparables aux diverticula semblables qui naissent

dans la même région chez la larve Balanoglosse et ici donnent naissance à la première paire de fentes branchiales.

Chez les Némertiens, ces diverticula se rapprochent à partir du point de leur origine, l'œsophage, et entrent en connexion avec les invaginations de l'épiblaste qui laissent un libre accès à l'eau de mer, se convertissent, au moins chez la grande section des Schizonémertiens, en un appareil que j'ai démontré servir au processus de la respiration cérébrale (*Zur Anatomie u. Physiologie der Nemertinen*, p. 28) dans lequel l'oxygène est charrié vers le système nerveux lui-même, dont les éléments cellulaires sont, dans cette subdivision, amplement pourvus d'hémoglobine.

Je ne puis affirmer si, dans la grande subdivision des Hoplonémertiens, où l'appareil nerveux central n'est pas pourvu d'hémoglobine, mais où au contraire il existe un fluide circulatoire, ces diverticula, qui continuent à se développer de la même façon en dehors de l'œsophage, sont utiles au processus respiratoire. J'inclinerais plutôt à penser que dans ce groupe les rainures céphaliques, telles que les invaginations épiblastiques qui cheminent intérieurement pour rencontrer les diverticula hypoblastiques, sont plus spécialement adaptées dans un but sensoriel, probablement de nature olfactive. La manière dont se développent les organes compliqués chez l'adulte, les organes appelés latéraux, est tout à fait la même.

Un bourgeon extérieur de l'œsophage se réunit à un bourgeon interne de l'épiblaste avec cette principale différence que la connexion avec les lobes du cerveau n'est pas aussi intime, et que l'appareil est en connexion avec le cerveau par une série spéciale de nerfs; chez quelques espèces, il continue à être situé derrière le cerveau; chez les autres, il est placé en avant de l'appareil nerveux central.

Il me semble que ces faits présentent une certaine signification. Je m'abstiens pour le moment de toute discussion, et je veux simplement indiquer un détail intéressant du développement de l'Amphioxus mis en lumière par les recherches d'Hatschek.

C'est la présence dans la région antérieure de l'œsophage, en avant de la bouche, de deux diverticula hypoblastiques, différant, dans leur nature et leur développement ultérieur, des diverticula archentériques (somites mésoblastiques) et des excroissances branchiales de l'œsophage. Ces deux diverticula, originairement symétriques, se rapprochent en dehors de l'épiblaste et subissent un sort différent dans leur développement ultérieur, le gauche communiquant avec l'extérieur par une ouverture ciliée qui apparaît dans l'épiblaste, le droit formant un revêtement épithélial dans la région præorale. Le gauche était

regardé par Kowalewsky comme un organe sensitif spécial de la larve.

Bien que je ne sois pas en état pour le moment d'en donner des preuves, je dois appeler l'attention sur la similitude de développement entre ces organes et le diverticulum céphalique des Némertiens. D'après la dégénérescence que paraît avoir subi sous plusieurs aspects l'Amphioxus, il ne doit pas paraître impossible que le lobe gauche soit réellement un organe temporairement olfactif, le droit ayant d'autres fonctions et ayant perdu sa signification originaire. Ces diverticula œsophagiens de l'Amplioxus ont la même relation avec les bourgeons pairs postérieurs de l'œsophage, qui donnent ultérieurement naissance aux fentes branchiales de cet animal. Que les deux diverticula larvaires primitifs du Balanoglossus donnent naissance à la première paire de fentes terrestres, les suivantes apparaissent successivement derrière elles.

Chez les Némertiens, on rencontre seulement une paire correspondante de diverticula respiratoires, qui restent en connexion avec ces parties des excroissances internes épiblastiques qui forment les constituants primaires d'un appareil sensoriel (olfactif?) chez certains genres les plus différenciés de la façon que nous avons indiquée ci-dessus.

Cette signification, très éloignée de notre point de départ, nous a obligé à jeter un regard rapide sur les principaux points par lesquels les Némertiens permettent un certain degré de comparaison avec les vertébrés et nous mènerait trop loin si nous la suivions pour les points secondaires moins importants ou pour ceux qui ne sont pas à présent assez connus pour pouvoir être comparés avec fruit; parmi ces derniers, je place les appareils excrétoires et générateurs. Les sacs générateurs des Némertiens naissent comme une partie du cœlome (voy. Lang, *Gunda segmentata*). Quelle est la valeur morphologique des conduits générateurs qui établissent une communication directe entre ces sacs et l'extérieur, et que l'on peut reconnaître à la surface extérieure comme une double série de pores symétriques? Est-ce le néphridium double pourvu d'une ouverture interne? ne l'est-ce pas? Cette question et plusieurs autres doivent être étudiées soigneusement avant que la comparaison puisse s'étendre jusqu'à ces organes.

Quant au système vasculaire, il n'est pas insignifiant que chez les Némertiens il soit entièrement un système clos de vaisseaux, parfois charriant des corpuscules riches en hémoglobine, parfois incolores, et donnant naissance à un système de vaisseaux transverses réunis qui relient ensemble les trois troncs longitudinaux. Ces vaisseaux transverses ne donnent pas naissance à des capillaires et sont placés méta-

méricalement avec une régularité complète, un pour chaque métamère interne (diverticulum intestinal). Si l'homologie suggérée peut-être prouvée entre ces diverticula et les somites mésoblastiques de l'amphioxus, la valeur de cette disposition régulière, une pour chacune des subdivisions transverses du corps, correspondant en général à l'arrangement des arcs aortiques des embryons vertébrés, ne doit pas être négligée.

Comme conclusion, je dois dire que les spéculations et les suggestions que renferment ces dernières pages doivent être distinguées de ce que renferme la première partie de cet article. Ce que nous avons dit alors n'a pas contribué dans une certaine mesure à formuler l'hypothèse qui a été émise. C'est simplement la suite d'une série d'opinions qui commencent à la comparaison d'organes aussi importants et primitifs chez les Vertébrés et les Némertiens. Que le système nerveux, l'hypophyse et la notocorde s'étendent nécessairement aux autres structures, ou organes qu'on trouve dans ces deux groupes. Quant à ceux-ci nous devons attendre des recherches plus complètes avant de pousser plus loin nos spéculations.

HUBRECHT.

LA POPULATION ET LA LANGUE DE MADAGASCAR

Par le docteur G.-W. Parker.

I. — La population de Madagascar.

Madagascar occupe sur la carte du monde une place à part. C'est la seule grande île, placée dans le voisinage d'un vaste continent, qui ait si peu de relations avec ce dernier, aussi bien qu'avec toute autre terre. Madagascar n'est pas moins remarquable par sa dimension; c'est la plus grande de toutes les îles africaines, sa longueur étant de neuf cent soixante milles et sa largeur atteignant trois cents milles dans sa partie la plus large. La côte est présente sur presque toute son étendue une ligne droite, tandis que la côte ouest est découpée en sinuosités variées, par l'action du courant traversant le canal Mozambique, qui sépare Madagascar du continent africain.

La population de l'île a été évaluée à 4 000 000 ou 4 500 000; mais ce chiffre n'est rien moins que certain, car jusqu'à présent on n'a fait le recensement d'aucune des tribus, et la population est décimée de temps en temps par des maladies épidémiques. D'un autre côté, la sorcellerie, l'infanticide, les guerres sans cesse allumées entre les tribus pour la possession des troupeaux et des esclaves, ainsi que les fréquents assassinats, contribuent à altérer sans cesse le chiffre de la population.

Voici dans ses traits essentiels la configuration de l'île : le long de la côte, le terrain présente une surface presque plate ou légèrement ondulée, sur quelques points de laquelle se font apercevoir les traces de soulèvements récents; l'altitude moyenne de cette partie est de moins de 100 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le climat et la végétation de cette région ont un caractère tout à fait tropical; la malaria ainsi que les fièvres y règnent presque continuellement, car dans beaucoup d'endroits la seule eau potable est fournie par des mares stagnantes, à la surface même du sol. Cette zone des côtes-basses a dix à trente milles de largeur; elle est bornée du côté de l'intérieur par une chaîne de montagnes s'élevant graduellement jusqu'à deux mille pieds d'altitude. Entre cette chaîne et le plateau plus élevé qui forme le centre de l'île court une vallée assez vaste pour contenir dans sa partie la plus large un grand lac (lac Alèotra) et des marais considérables et à laquelle le mur taillé à pic du plateau central sert de frontière. Le plateau lui-même a 4 000 pieds d'altitude

au-dessus du niveau de la mer et sert à son tour de support à des montagnes plus hautes, d'origine volcanique, dont l'une atteint jusqu'à 9 000 pieds de haut.

C'est à cette configuration particulière que l'île doit une grande variété de climat. Tandis que sur le littoral et en particulier sur la côte ouest et nord-ouest, défendue contre la mousson sud-est par le plateau central, règne le climat tropical, toutes les autres parties de de l'île jouissent d'un climat subtropical ou presque tempéré.

Une ceinture de forêts court tout autour de l'île, s'entr'ouvrant parfois pour enclaver des vallées fertiles, peuplées d'une population très dense; cette configuration du pays exerce à son tour une influence sur la flore de Madagascar.

Les indigènes de l'île se divisent en deux classes distinctes. La première se compose exclusivement des Hovas, d'origine malaise, à la peau jaune, aux longs cheveux droits, au visage plat, au profil perpendiculaire (ou plutôt rentré) c'est une race énergique, mais perfide. La seconde classe embrasse tout le reste de la population malgache; l'origine africaine se révèle chez elle par une peau plus foncée (souvent noire), des cheveux laineux et un profil prognathe. Ils ont des aptitudes moins prononcées pour le commerce, mais en revanche se distinguent par un caractère beaucoup plus estimable que celui des Hovas. Depuis une centaine d'années, ce groupe ethnique n'a cessé de recevoir un nouvel appoint de sang nègre, grâce aux esclaves importés du fond de l'Afrique. C'est seulement depuis peu que ce trafic est considéré comme illégal dans les domaines des Hovas.

Les formes de gouvernement chez les diverses tribus sont en général assez semblables à celles que l'on trouve chez la plupart des peuples sauvages. La tribu est gouvernée par un roi, dont parfois le pouvoir ne s'étend pas au delà d'un mille ou deux de sa capitale (bien souvent l'unique ville qui lui obéisse), mais qui dans les limites étroites de ce territoire exerce l'autorité la plus absolue, jusqu'au moment du moins où il est dépossédé par quelque voisin plus puissant. Si, au contraire, il est assez fort, il transmet son pouvoir à son fils, mais plus fréquemment il arrive qu'à sa mort les terres dont il s'est emparé sont partagées entre les fils de ses nombreuses femmes (les Malgaches sont polygames); après quoi les frères cherchent, selon l'expression malgache, à se manger entre eux.

Néanmoins les Hovas, qui depuis plus d'un demi-siècle subissent l'influence du christianisme et celle de la civilisation européenne, ont une forme de gouvernement tout à fait différente, unique à ce qu'il semble, dans l'histoire de la race humaine. Jusqu'en 1860, la

forme politique que nous venons de décrire était en vigueur également chez eux. Mais depuis la mort de leur jeune roi Radàma II, assassiné par ses courtisans, et l'avènement au trône d'une de ses femmes, qu'on choisit pour lui succéder, on vit croître rapidement le pouvoir de la famille du premier ministre actuel. La charge de « premier ministre [1] » existait, il est vrai, auparavant; mais son importance ne fit que grandir désormais, car elle présentait le moyen le plus efficace pour tenir en échec le pouvoir absolu de la couronne. Comme d'un autre côté aucun prince du sang ne peut jamais exercer ces fonctions (dans la crainte qu'il ne profite du pouvoir presque souverain dont le premier ministre est revêtu pour devenir roi), il est probable que les Hovas sont destinés à être longtemps gouvernés par une série de reines. Le premier ministre étant en même temps, *ex officio*, le mari de la reine, habite avec elle le palais et la suit partout. Ces fonctions ont été tour à tour exercées par trois membres de la même famille et vont devenir, selon toute probabilité, héréditaires ou limitées à une seule famille. Comme, outre sa qualité de mari de la reine, le premier ministre est en même temps principal magistrat, généralissime, premier conseiller et, en général, le factotum de la reine des Hovas, on ne peut appeler de ses décisions qu'à la reine elle-même et encore uniquement par l'entremise du ministre lui-même; or, comme toutes les charges importantes de l'Etat sont réservées aux membres de la famille du premier ministre, il se trouve en définitive que la forme de gouvernement chez les Hovas n'est que *nominalement* une monarchie absolue. En réalité, c'est une oligarchie, dont le chef exerce effectivement le pouvoir royal.

De toutes les tribus malgaches, les Hovas seuls possèdent un code de lois bien déterminé. La plupart de ces lois sont copiées du code anglais. Il serait trop long d'analyser ici la législation des Hovas; mais une comparaison des deux codes, publiés dans le cours de ces vingt dernières années, permet de constater les modifications suivantes : la situation des esclaves est améliorée, et ces derniers ont le droit de fréquenter l'école, tout en pouvant en être toujours écartés par le bon plaisir de leurs maîtres; le lien conjugal est resserré, et les mariages doivent être enregistrés; le divorce est rendu plus difficile; les criminels et les personnes condamnées par jugement et

1. Dans le nord et l'ouest de Madagascar (peut-être aussi ailleurs), les roitelets ont invariablement auprès d'eux, sous le nom de « propriétaire de la terre », une espèce de factotum ou de premier ministre; mais c'est *seulement chez les Hovas* que ce fonctionnaire est en même temps mari de la reine. Les Tanàla (tribu des forêts) avaient aussi une reine, jusqu'à ces derniers temps; mais elle avait un mari et un premier ministre.

qui ne peuvent payer leur amende en monnaie ont le droit d'opter pour l'acquitter entre l'emprisonnement ou le travail au profit de l'Etat, — l'un et l'autre étant évalués à un certain taux. Dans le but d'aider le premier ministre à expédier les affaires de l'Etat, plusieurs cabinets, composés des employés du gouvernement, ont été formés. On s'est occupé à régulariser l'éducation, qui embrasse la période entre huit et seize ans. En un mot, cette nouvelle législation a un caractère plus doux que celle du temps où les rois Hovas professaient l'idolâtrie.

La religion des Malgaches est en général le *fétichisme;* mais, néanmoins, sous un amas de superstitions grossières, on y trouve l'idée vague et confuse d'un *être* ou plutôt de *quelque chose* de supérieur et de plus puissant que les esprits ordinaires et qui aurait la faculté de faire à son gré le bien ou le mal. Les Malgaches croient aussi à la vie de l'esprit (« la partie essentielle de moi-même », comme ils l'appellent) séparé du corps et survivant à la destruction de celui-ci. Ces esprits seraient doués du pouvoir d'occasionner des maladies et de nuire de diverses manières; aussi se hâte-t-on de les apaiser par des offrandes. Quand un Malgache meurt, fût-ce même à la guerre, son corps est emporté par sa tribu et enseveli au milieu de ses amis, auxquels autrement son esprit sans asile occasionnerait une foule de maux. D'ordinaire, la tombe est préparée du vivant de l'individu. On a trouvé dans un ou deux endroits de l'île des idoles en bois, à forme humaine, grossièrement taillées; mais en général les idoles des Hovas qui furent brûlées, quand la reine actuelle embrassa le christianisme, n'étaient que de sales paquets de guenilles en couleurs et de plumes. La croyance à la sorcellerie et aux charmes est aussi très répandue chez les Malgaches.

En conséquence de leur foi aux revenants et à la vie (sinon à l'*immortalité*) de l'esprit, les Malgaches ont le culte des tombes aussi bien que celui des corps des morts. Il y a deux modes de sépulture : dans la terre et dans les arbres. Cette dernière coutume est en usage chez les tribus qui habitent au sein d'épaisses forêts, où il est plus facile de placer le corps, enveloppé d'une natte, dans l'enfourchure d'un arbre, et de l'y laisser pourrir, que de creuser le sol et de construire un tombeau, comme on fait ailleurs. Dans le cas où l'on ensevelit le corps dans la terre, on a grand soin, et cela souvent durant la vie même du futur occupant, d'ériger un tombeau solide, une véritable chambre souterraine, avec une porte et des murs en pierre et des dalles pour recevoir les corps. Ces tombeaux si solides ont un double but, d'abord de pacifier les esprits des morts, en leur mon-

trant quels soins les survivants prennent de leur domicile, c'est-à-dire de leur corps; ensuite de permettre aux amis des décédés de pénétrer auprès d'eux dans le moment de l'année où il est d'usage de « retourner » les cadavres et de les envelopper dans un nouveau linceul. D'ordinaire, aux fêtes des funérailles, qui durent parfois plusieurs jours, on sacrifie un certain nombre de bœufs, dont les crânes blanchissants sont ensuite rangés autour de la tombe, en guise d'ornement. Tels sont les deux modes de sépulture usités chez les Malgaches; mais je ne suis pas sûr que, dans les parties de l'île où l'on trouve le boabab, les indigènes du Madagascar ne suivent la coutume de leurs frères d'Afrique en creusant des caveaux sépulcraux dans le tronc de l'arbre.

Disons un mot des voies de communication. Madagascar aurait besoin de bonnes routes, surtout dans la directon nord et sud, qui est celle des grandes vallées et où car conséquent les frais des tracés ne seraient pas élevés. Il serait aussi de toute nécessité de relier à Antanànarivo, à l'aide de télégraphes et de routes, les principaux ports naturels de l'île. Pour le transport des marchandises allant à l'intérieur ou en arrivant, on pourrait se servir de canots sur un espace plus étendu qu'on ne le fait. Mais, dans la région comprise entre les terres basses de la côte et le plateau central, ayant 4 000 pieds d'altitude, à défaut de routes, le transport doit nécessairement se faire à dos d'hommes. Le plateau une fois atteint, on pourrait utiliser davantage les nombreux cours d'eau qui l'arrosent.

J'aurai peu de choses à dire sur les relations extérieures de Madagascar et sur ses moyens de communication avec d'autres pays; il me sera également difficile de déterminer jusqu'à quel point ces relations sont influencées par sa configuration géographique. Madagascar est une grande île compacte, donnant d'un côté la main à l'Afrique, à laquelle elle se trouve reliée sous le rapport commercial par les îles Comoro, de l'autre aux îles Maurice, Bourbon et autres. La côte est riche en excellents estuaires, plus ou moins obstrués, il est vrai, par des bancs de sable; mais, ces obstacles une fois franchis, tous ces fleuves sont navigables bien loin dans l'intérieur pour de petits bâtiments. Il y a d'ailleurs quantité de beaux ports et de baies qui ne présentent aucun obstacle naturel, notamment le port de Tamatave (au point central de la côte est), l'embouchure des fleuves Ikopa et Bètsiboka (au nord), la baie de Saint-Augustin (dans la partie sud-ouest) et un ou deux fleuves dans la partie méridionale de la côte orientale.

Pour ce qui est des relations commerciales extérieures, Madagas-

car exporte, pour un chiffre assez élevé, du riz, des bœufs, des peaux de bœufs et surtout approvisionne de viande les îles Maurice et Bourbon. Depuis quelque temps, Natal est aussi entré en relation commerciale avec l'île, et il serait à désirer en général que le commerce avec ce pays prenne une plus grande extension. Les Hovas ont déjà conclu des traités de commerce avec les Anglais, les Français, les Américains et les Allemands, et ces diverses nations ont aujourd'hui des consuls résidant dans l'île. Sous peu, Tamatave est destinée probablement à devenir un lieu de relâche pour les navires, qui, attirés par son excellent port, viendront s'y approvisionner de charbon. D'abord le charbon y sera apporté d'autres pays, mais tôt ou tard les restrictions imposées par les Hovas à l'exploitation des mines seront abolies, et alors on pourra y trouver du charbon indigène.

Les lignes suivantes contiennent un résumé sommaire de l'histoire de Madagascar jusqu'à notre époque inclusivement.

Ce n'est qu'au commencement du XVIIe siècle que l'île a été connue des Européens, quoique longtemps auparavant les Arabes eussent entretenu des relations commerciales avec elle. Les premiers Européens qui visitèrent Magagascar furent les Portugais; mais il ne s'en servirent que pour y ravitailler leurs navires d'eau et d'aliments et y séparer, au besoin, leurs avaries. Après eux viennent les Hollandais; il s'établissent dans l'île voisine, à laquelle ils donnent, en l'honneur de leur stathouder, le nom de Maurice, mais laissent Madagascar de côté. Puis c'est le tour des Français et des Anglais; les premiers fondent deux colonies à Madagascar même, dans les parties N.-E. et S.-E. de la côte, et occupent en outre deux îles voisines, Nosibé (grande île, au nord-ouest de la côte) et Sainte-Marie (au nord-est). Ces deux îlots sont encore au pouvoir des Français, mais leurs établissements à Madagascar même leur ont été repris par les naturels. Une colonie anglaise fut fondée dans la baie de Saint-Augustin; mais, mal oganisée, elle ne tarda pas à être abandonnée. Les Anglais acquirent en même temps un lot de terrain sur la côte orientale et y fondèrent un établissement, et, quoique celui-ci fût à son tour abandonné (probablement à cause des terribles fièvres du littoral), je n'ai nulle part trouvé de preuve que le terrain fût, soit vendu, soit cédé aux naturels, soit repris par ces derniers. Les Anglais pourraient donc un jour invoquer le recouvement de ces terrains comme un prétexte pour s'emparer de l'île entière, chose que les Français ne manqueraient pas de faire à leur place.

Quand l'île Maurice tomba entre les mains des Anglais (vers 1816), l'attention du premier gouverneur anglais, M. Farquhar, ne tarda pas

à être attirée par les proportions considérables que le trafic des esclaves avait pris à Madagascar. C'est aux pirates, à ce que l'on prétend, que ce commerce inhumain doit son origine. Troublés par les flottes des Etats européens dans les déprédations qu'ils commettaient de longue date sur les côtes de Madagascar, ces derniers se tournèrent vers le trafic d'esclaves, comme vers une profession moins dangereuse. M. Farquhar conclut une alliance avec l'un des chefs hovas, Radàma Ier, qui s'engagea à mettre fin à cette exportation de peuple malgache, à condition que les Anglais lui fourniraient des armes. C'est à cette époque que le premier résident anglais, M. Hasties, vint se fixer à Antanànarivo, capitale, nouvellement conquise par Radàma. Depuis lors, les relations les plus amicales ne cessèrent d'exister entre les Anglais et les Hovas, à l'exception pourtant d'un temps fort court durant le règne de la reine Ranavàlona Ire, qui persécuta les chrétiens.

Radàma était fort ambitieux; par ses incursions, il ravageait chaque année une grande partie de l'île et en dépeuplait des régions entières. Une de ses femmes qui lui succéda à sa mort sous le nom de Ranavàlona Ire était aussi ambitieuse et sanguinaire que lui-même; elle fit tuer tous les prétendants à la couronne de son mari. Son règne fut marqué par une guerre avec l'Angleterre et la France et par une persécution terrible contre les indigènes convertis au christianisme. Elle régna pendant plus de vingt-cinq ans et eut pour successeur son fils Radama II, qui ne régna que six mois et mourut assassiné par l'aristocratie pour s'être obstiné à mettre à exécution le « Traité Lambert [1]. » Après la mort du souverain, les conspirateurs victorieux placèrent sur le trône des Hovas une des femmes de Radàma, nommée Rasohèrina, et en même temps, pour garantir les droits de l'aristocratie et empêcher qu'à l'avenir le souverain pût devenir monarque absolu, ils conférèrent au « premier ministre » le pouvoir presque royal qu'il exerce aujourd'hui. Le règne de Rasohèrina fut marqué par un accroissement de civilisation et d'influence européenne et par les progrès lents mais sûrs de l'Eglise chrétienne. Son règne dura près de dix ans, après quoi le trône échut à sa cousine Ranavàlona II, qui l'occupe depuis près de douze ans. Énumérons rapidement les événements du règne actuel : 1° Le christianisme est reconnu religion d'Etat des Hovas, et les idoles du pays sont livrées aux flammes. 2 Progrès rapide de l'éducation religieuse et laïque et cons-

1. En vertu d'un accord secret conclu encore durant le règne de sa mère, Radàma s'était engagé à autoriser après la mort de celle-ci une compagnie française, ayant à sa tête M. Lambert, de cultiver, c'est-à-dire d'exploiter à leur gré, le sol sur toute la surface de l'île, et cela à des conditions qui en faisaient un don réel à la France.



truction d'écoles et de temples. 3° Création d'une littérature en langue indigène, y compris une *version de la Bible*. 4° Le soin des malades et des indigents reconnu comme charge de l'État. 5° Réorganisation de l'armée sur le modèle européen. 6° Construction d'habitations meilleures et adoption du costume européen, remplaçant le manque de vêtement primitif.

(*A suivre*).

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des sciences de Paris

Séance du 23 juillet 1883 (*suite*).

H. Wegmann, *Sur les cordons nerveux du pied dans les Holiotides (suite).* — « Ensuite les nefs de la collerette me paraissent différer beaucoup de ceux qui se rendent au pied, tant par leur origine que surtout par le mode de leur distribution.

« Si l'on n'admettait qu'un seul tronc, il fournirait dans sa partie ventrale des commissures et des nerfs ordinaires, dans sa partie dorsale des nerfs d'une autre sorte.

« Si l'on aplatit légèrement un de ces cordons entre deux lames de verre, on voit, à un faible grossissement, une bandelette transparente entre deux bandes opaques.

« Voyons maintenant les résultats fournis par les coupes.

« Sur des coupes épaisses pouvant être observées à la loupe, on voit le nerf logé dans un canal, probablement sanguin, présentant une échancrure (sillon) assez profonde sur le bord externe, tandis que sur le bord interne on ne voit pas toujours un sillon bien accusé.

« Sur des coupes moins épaisses, observées à un faible grossissement, on voit de plus le névrilème commun très distinct et dans le prolongement du sillon une trace de séparation en deux parties. Il m'est arrivé de voir ces deux parties réellement séparées dans une série de préparations.

« Mais il faut faire des coupes plus fines encore, et alors on voit, à un grossissement assez fort, la séparation nette en deux parties. Quelquefois il reste un peu du tissu entre les deux, d'autres fois la séparation est complète. On est souvent trompé par l'apparence, parce que les deux moitiés de la coupe du nerf se sont séparées, que, l'une ayant disparu, l'on ne voit plus que celle qui reste.

« Pour moi, il n'existe plus aucun doute : il y a deux nerfs dans chacun de ces cordons nerveux du pied, comme l'avait très exactement indiqué M. de Lacaze-Duthiers.

« Telles sont, pour l'explication de la nature de l'épipodium, les preuves que peut fournir le système nerveux ; quant à celles qui démontrent qu'il est une dépendance du manteau, elles seront ultérieurement tirées de considérations morphologiques. »

M. de Lacaze-Duthiers, à la suite de cette Communication, fait observer que la méthode qu'il a employée dans ses études morphologiques sur l'Haliotide est tout autre que celle mise en pratique par l'auteur allemand. Il ne s'est point contenté de quelques dissections ou de quelques coupes ; il a fait des recherches basées sur les relations qui sont clairement établies, d'une part, entre les nerfs et les cordons

qui les fournissent et, d'autre part, entre les nerfs et les parties auxquelles ils se distribuent.

« Il en est de même de toutes les méthodes : elles sont excellentes dans certains cas, mais elles doivent toujours être contrôlées par les comparaisons, par les confirmations *à posteriori*.

« On voit ici un nouvel exemple de ces erreurs auxquelles conduisent des procédés trop absolument et isolément employés.

« La morphologie ne fournit des résultats certains qu'à la condition expresse de s'appuyer d'abord sur des faits anatomiques d'une vérité incontestable, ensuite sur des relations bien établies par des comparaisons nombreuses conduisant à la connaissance des connexions.

« Ce qui avait guidé dans cette détermination de la nature du cordon nerveux courant dans le pied de l'Haliotide et de la valeur morphologique de l'épipodium, c'était un fait qui ne laissait aucun doute : jamais un nerf du ganglion pédieux d'un Gastéropode ne remonte dans le manteau, jamais un nerf du centre asymétrique ne descend dans le pied ; ici, il y avait deux ordres de nerfs, et il fallait conclure qu'il y avait deux ordres de parties ou d'organes.

« Les conclusions de l'auteur allemand Spengel sont erronées, comme l'a démontré M. Wegmann, et l'on doit ajouter qu'elles sont erronées parce qu'elles n'ont pas eu le contrôle morphologique. »

Séance du 30 juillet 1883.

LABORIE. *Sur les variations anatomiques et la différenciation des rameaux dans quelques plantes.* — « La structure et la composition anatomiques des rameaux de même âge sont susceptibles de présenter, dans certaines plantes, des différences constantes et très accusées. Ces différences sont généralement en rapport avec la forme extérieure et avec les fonctions de ces rameaux.

« L'étude du plus grand nombre de nos arbres fruitiers conduit à quelques résultats intéressants. On peut résumer de la manière suivante les caractères des rameaux à fruits et des rameaux à bois du Poirier, pris comme type :

« I. D'une manière générale, les rameaux à fruit diffèrent des rameaux à bois : 1° par une prépondérance très marquée des tissus parenchymateux, tant cortical que médullaire ; 2° par un développement plus faible des faisceaux fibro-vasculaires.

« II. Si l'on examine comparativement chacun des trois groupes de tissus qu'on distingue dans une tige : écorce, bois, moelle, on trouve :

« 1° Que le liber primaire manque presque toujours dans les rameaux à fruit. Si les fibres libériennes existent, elles sont très rares, très clair-semées, et leur présence est liée à un état particulier, soit de l'arbre, vieillesse, soit de la lambourde, transformation en rameau à bois. Les cellules à cristaux et les tubes cribreux y sont plus abondants.

« 2° *Bois.* — Le bois des rameaux à fruit renferme un petit nombre de fibres ligneuses : cet élément est remplacé, en partie, par ces cellules un peu allongées et à extrémités horizontales qui forment ce qu'on a nommé le *parenchyme ligneux*.



Le calibre des gros vaisseaux est moindre que dans les rameaux à bois. Les rayons médullaires y sont un peu plus nombreux, et leurs éléments sont un peu plus volumineux.

« 3° *Moelle.* — Les cellules de la moelle sont riches en aliments de réserve. Dans les espèces à moelle hétérogène, le Pommier par exemple, la distinction des deux sortes de cellules qui la composent, très nette dans les rameaux à bois, est à peine sensible dans les rameaux à fruit.

« Tous ces caractères se retrouvent dans le Pommier, le Cognassier, le Prunier, le Pêcher, l'Amandier. Cependant chacune de ces espèces présente des caratères particuliers.

« Ainsi, dans l'Amandier, les fibres libériennes sont remplacées par des cellules allongées transversalement, disposées en réseau, et que, malgré leur position, on ne peut pas considérer comme des fibres libériennes modifiées. En effet, on les retrouve dans les rameaux à bois, où elles forment une mince couche à l'intérieur des faisceaux de fibres libériennes normales.

« Des plantes appartenant à d'autres familles naturelles présentent des modifications analogues.

« Quelques Cytises, le *C. laburnum* en particulier, offre, dans ses différents rameaux, des caractères identiques à ceux que je viens d'indiquer. La structure de ses rameaux à fruit se rapproche beaucoup de celle qui existe dans l'Amandier.

« Le *Cercis siliquastrum* présente des faits analogues.

« Le Laurier, *Laurus nobilis*, possède les mêmes caractères.

« Enfin le Jujubier (*Zizyphus vulgaris*, LK), qui possède trois sortes de rameaux : 1° les uns stériles à entre-nœuds allongés, 2° les autres à entre-nœuds très courts, fertiles, 3° et enfin des axes feuillés caducs sur lesquels naissent les fleurs ; on trouve que les premiers offrent un grand développement des tissus de soutien et des organes conducteurs, rameaux à bois, qu'il en est de même dans les derniers, tandis que les tissus parenchymateux prédominent dans les seconds rameaux à fruit.

« Le mode de végétation de la Pomme de terre, où l'on trouve ces mêmes rameaux, peut être assimilé à celui de Jujubier, avec cette différence que le rameau à fruit y est annuel.

« Ces caractères anatomiques pourraient permettre de considérer la plante comme formée d'organes différenciés à des degrés assez divers suivant les espèces. Pour les Phanérogames, le premier degré de cette différenciation consisterait dans la distinction morphologique et anatomique des axes ordinaires et des pédoncules. Un deuxième degré serait fourni par nos arbres fruitiers. Enfin le degré le plus élevé se trouverait dans le Jujubier, la Pomme de terre et peut-être aussi pour les plantes à rhizome.

« Quoi qu'il en soit de ces considérations, il paraît évident que, de ces rameaux, les uns sont spécialement destinés à former et à emmagasiner les aliments nécessaires aux organes reproducteurs qui en naissent, tandis que les autres servent à les relier et à leur apporter les matériaux qu'ils élaborent. Dans les premiers, la formation des matières assimilables et de réserve l'emporte sur celle des éléments anatomiques ; c'est le ntraire dans les seconds.

« Ces faits et ces hypothèses pourront servir de guide dans l'étude et dans l'interprétation de différences analogues, quoique moins tranchées, qu'on a observées dans un nombre encore un peu trop restreint de plantes dioïques, pour que dès à présent on puisse les donner comme caractéristiques des individus mâles et des individus femelles. »

BALLAND. *Altérations qu'éprouvent les farines en vieillissant.* (Extrait.) — « *Conclusions.* De l'ensemble des faits signalés dans le Mémoire que j'ai l'honneur d'adresser à l'Académie, on peut déduire les faits suivants :

« 1° Les farines, en vieillissant, éprouvent des modifications de diverses natures.

« La proportion d'eau est peu variable : elle s'élève ou s'abaisse suivant l'état hygrométrique de l'air; dans les conditions ordinaires, l'écart peut atteindre 0,8 à 1 pour 100.

« Les matières grasses ne subissent pas de variation sensible dans leur poids; elles perdent leur odeur franche et deviennent rances.

« Les matières sucrées décroissent, mais d'une quantité qui n'est pas en rapport avec l'acidité produite.

« Cette acidité varie avec l'essence du blé : elle est plus rapide et plus forte avec les farines de blés tendres qu'avec les farines de blés durs.

« Traduite en acide sulfurique monohydraté, elle peut s'élever avec les premières de 20 grammes à 120 grammes par quintal métrique, et avec les deuxièmes de 20 grammes à 70 grammes. Elle semble se rattacher directement aux modifications éprouvées par les matières albuminoïdes. Ces matières, au début, sont presque entièrement à l'état de gluten insoluble; peu à peu, elles se désagrègent, mais sans perdre de leur poids; le gluten se fluidifie et disparaît avec toutes ses qualités.

« Les matières amylacées ne paraissent point modifiées.

« 2° Dans les farines dont le taux de blutage est peu élevé, il y a toujours plus d'acidité, plus de ligneux et plus de matières grasses et sucrées; il y a aussi plus de gluten. Ces farines se conservent mal.

« 3° Pour les farines conservées en sacs, les altérations sont plus rapides que pour les farines renfermées en vases clos.

« 4° Au même taux de blutage, les farines obtenues par les meules se conservent aussi bien que les farines retirées des cylindres; elles ne sont pas plus acides. L'acidité est indépendante de la mouture.

« 5° La partie farineuse du grain de blé qui touche à l'enveloppe externe est plus acide que la portion centrale; elle est également plus riche en gluten; elle s'altère plus rapidement. »

Séance du 6 août 1883.

M. G. HAYEM. *Sur les plaquettes du sang*, de M. Bizzozero, *et sur le troisième corpuscule du sang, ou corpuscule invisible* de M. Norris. — « On sait que je considère les petits éléments du sang, auxquels j'ai donné le nom d'*hématoblastes*, comme étant à la fois les premières formes des hématies chez l'adulte et les agents de la coagulation. Depuis quelques années, on se préoccupe également, à l'étranger, de



l'histoire anatomique et physiologique des éléments du sang, et l'on a introduit dans la science des mots nouveaux qui, appliqués aux mêmes objets, peuvent prêter à la confusion. Il me paraît donc indispensable, pour bien préciser le sujet des recherches que j'ai déjà communiquées à l'Académie des Sciences, et que je poursuis encore actuellement, de présenter sur ces travaux étrangers quelques courtes observations.

« I. Dans une série de publications, dont la première remonte au mois de janvier 1882, M. Bizzozero a appelé vivement l'attention sur l'existence dans le sang de petits corpuscules, qu'il désigne sous le nom de *plaquettes*. Comme cet observateur intitule son travail : *Sur un nouvel élément morphologique du sang chez les Mammifères et sur son importance dans la thrombose et dans la coagulation* (*Archives italiennes de Biologie*, t. I, fasc. 1), on pourrait croire que ces plaquettes avaient jusqu'à présent échappé à l'observation. Il résulte cependant de la description de l'auteur qu'elles ne sont autres que les éléments que j'ai minutieusement étudiés sous le nom d'*hématoblastes*.

« Divers anatomistes avaient déjà aperçu dans le sang des corpuscules de matière protéique distincts des globules blancs et des hématies, lorsque, en 1877, je fis connaître mes premières recherches. Je citerai notamment Max Schultze et M. Vulpian comme ayant certainement vu les hématoblastes ; mais ces observateurs n'en avaient pas reconnu les caractères exacts et ne les avaient pas considérés comme des éléments morphologiques.

« Je crois avoir établi que les hématoblastes sont bien réellement des éléments figurés, et récemment j'ai réussi à y démontrer la présence d'un noyau nucléolé, particularité importante, qui ne peut laisser aucun doute sur leur signification [*Contribution à l'étude de la structure des hématoblastes et des hématies* (*Gazette médicale*, 20 août 1881) ; *Des globules rouges à noyau dans le sang de l'adulte* (*Archives de Physiologie*, 31 mars 1883)]. J'ai fait voir de plus que, pour les observer dans leur véritable forme, il faut, à cause de leur vulnérabilité extrême, les fixer par des procédés divers au moment même où ils sortent des vaisseaux.

« Le nouvel élément de M. Bizzozero était donc déjà connu depuis plus de quatre ans lorsque cet auteur en annonça la découverte. J'ajoute que, tout en lui donnant le nom d'*élément*, il le considère comme un corpuscule non défini histologiquement, et que, par suite, son travail fait faire à la question un pas en arrière qui nous ramène à l'époque antérieure à mes Communications sur ce sujet.

« M. Bizzozero a reconnu que ces *plaquettes* sont d'une extrême vulnérabilité, qu'elles ont une tendance à s'agglutiner entre elles, à adhérer aux corps étrangers, à former, hors de l'organisme et lorsque le sang se coagule, des amas qui, après s'être profondément modifiés, deviennent le point de départ de la coagulation du sang ; que, en un mot, « ce dernier phénomène est soumis à l'influence « directe des petites plaques du sang ».

« L'auteur italien attachant également à ces dernières observations la valeur d'une découverte, je crois devoir faire remarquer que toutes les propriétés qu'il attribue aux plaquettes sont celles que j'ai décrites en détail à propos des hématoblastes et de l'intervention de ces éléments dans la coagulation du sang.

« Dès mes premières publications, qui remontent aux années 1878 et 1879, j'ai

énoncé sur la formation du caillot et sur les rapports étroits qui relient le processus de coagulation à la confluence et aux altérations des hématoblastes, l'opinion qui a été rééditée par M. Bizzozero [*Sur la formation de la fibrine étudiée au microscope* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 7 janvier 1878); *Des hématoblastes et de la coagulation du sang* (*Revue internationale des sciences*, 1878); *Recherches sur l'évolution des hématies dans le sang de l'homme et des Vertébrés* (*Archives de Physiologie normale et pathol.*, 1878-1879)].

« En France, d'ailleurs, les idées que je professe sur ce point de la physiologie du sang ont été résumées depuis plusieurs années déjà dans les ouvrages classiques, ainsi qu'en témoigeent la page 288 du *Traité de Chimie physiologique* de M. A. Wurtz (Paris, 1880) et les pages 437 et 438 du *Traité de Physiologie* de M. Béclard (Paris, 1880).

« Le rôle que fait jouer M. Schmidt, dit M. Béclard, aux globules blancs ou leucocytes dans la coagulation, M. Hayem l'attribue à cette troisième espéce d'éléments figurés du sang qu'il a décrits sous le nom d'*hématoblastes*.

« C'est exactement la conclusion formulée par M. Bizzozero à propos de la part prise par ses « plaquettes » dans l'acte de la coagulation.

« II. Des études poursuivies en Angleterre par M. Norris sont venues rendre plus confuse encore, du moins en apparence, l'histoire de l'évolution des hématies. Cet auteur croit, en effet, avoir établi qu'il existe dans le sang un corpuscule invisible, à cause de sa pâleur et de sa faible réfringence, corpuscule qui, en se colorant par de l'hémoglobine, deviendrait un globule rouge.

« Lorsque M. Bizzozero émit, lui aussi, la prétention d'avoir découvert un troisième corpuscule du sang, M. Norris rappela l'antériorité de ses recherches. Comme les plaquettes de l'histologiste italien sont, nous venons de le voir, les hématoblastes, il semblerait donc que trois noms différents ont été appliqués à la désignation du même élément. Il importe de savoir qu'il n'en est rien. M. Norris, qui, dans les planches accompagnant son travail, a fait preuve de talent comme photographe, ne paraît pas avoir une connaissance exacte de la facilité avec laquelle l'hémoglobine des hématies se dissout dans le plasma ou dans les liquides additionnels. Il m'a été facile de reconnaître, comme Mme Hart l'a d'ailleurs parfaitement établi, que le corpuscule invisible est un produit artificiel, résultant des manipulations diverses auxquelles le sang est soumis par M. Norris. Le corpuscule dit invisible est un globule rouge décoloré; il est sans rapport aucun avec les hématoblastes et il reste absolument étranger au processus de coagulation. »

LEBEDEFF. *Recherches expérimentales sur quelques phénomènes relatifs à l'absorption de la graisse.* — « Les recherches classiques, soit chimiques de M. Chevreul, soit physiologiques de M. Claude Bernard, sur les graisses sont comme les fondements de tous les travaux analogues. Elles ont été le point de départ des théories et des expériences de MM. Kühne, Hoppe-Seyler, Radziewsky, Subbotin, Munk, etc., qui sont basées sur la Chimie biologique. Elles ont aussi suggéré des travaux purement histologiques, comme ceux de MM. Perevoznikoff, Will et Zawarykine. Tous ces derniers travaux ont pour but l'étude des métamorphoses que subit la graisse pour passer du canal digestif dans les cellules adipeuses de l'organisme. Je dois rappeler encore les recherches qui ont pour objet le passage

de la graisse dans le chyle : ces recherches sont dues à MM. Rohriq et Zawylsky. Tous ces travaux, dont les résultats sont généralement connus, ont éclairé beaucoup de faits très importants; mais, malheureusement, il s'y présente quelques points contradictoires.

« J'ai cherché à contrôler ces recherches, en employant des méthodes nouvelles et exactes, et j'ai été heureux d'avoir pu travailler dans le laboratoire et sous les yeux de l'illustre physiologiste de Leipzig, M. Ludwig. J'ai complété mon travail dans le laboratoire de M. Vulpian, à la Faculté de Médecine de Paris.

« Voici les résultats de mes recherches (cinq séries, trente-trois expériences) :

« 1. Si l'on donne aux animaux de la graisse neutre bien caractérisée, on en retrouve toujours une certaine quantité dans le chyle après quelques heures de digestion.

« 2. Si l'on donne de la graisse acide (acide oléique) pure ou mélangée avec un autre acide gras (palmitique, par exemple), on ne trouve jamais d'acide gras dans le chyle.

« 3. *La graisse du chyle est toujours neutre; on n'y trouve qu'une quantité d'acide gras à peu près nulle*, et dont l'existence peut très bien s'expliquer par l'insuffisance de la méthode expérimentale.

« 4. Tous les travaux dans lesquels on dit avoir prouvé la synthèse des acides gras avec la glycérine dans l'organisme sont inexacts.

« 5. *Il n'y a pas de synthèse*, parce que, si l'on donne aux animaux un acide gras bien déterminé et qui n'existe pas dans l'organisme, on ne trouve pas de glycérine synthétique correspondante; dans ce cas, la graisse du chyle présente toutes les qualités de la graisse animale ordinaire.

« 6. Si l'on introduit des savons dans l'estomac d'un chien, ils sont toujours décomposés par l'*acide chlorhydrique de l'estomac*. Un des produits de cette décomposition est constitué par l'acide gras, qu'on peut toujours trouver dans l'intestin et après cela dans le foie; l'autre produit de la décomposition, la base alcaline du savon, se trouve toujours dans l'urine à l'état de chlorure et en quantité qui correspond exactement au poids de la base alcaline du savon absorbé.

« 7. Le savon est un agent très énergique d'épargne pour les échanges de matière albuminoïde. Malgré ses propriétés diurétiques, ces échanges sont bien plus réduits par le savon que par le poids correspondant de l'acide gras ou de la graisse neutre.

« 8. Si la quantité de savon introduit dans l'estomac est tellement considérable qu'il n'y ait pas assez d'acide chlorhydrique dans l'estomac pour en produire la décomposition complète, la partie du savon non décomposée est absorbée comme *un sel neutre par l'intestin et brûlée dans le sang, et elle s'élimine dans l'urine avec la base alcaline correspondante sous forme de carbonate.*

« 9. L'urine a une réaction acide si l'on introduit dans l'estomac de l'animal de l'acide gras une réaction neutre ou un peu alcaline, si l'on donne du savon en moyenne quantité; mais elle est très alcaline si l'on donne du savon en grande quantité.

« 10. Dans le cas où le savon n'est pas introduit dans l'estomac par les voies ordinaires, mais par une *fistule gastro-intestinale*, comme il n'y a pas, dans l'intes-

tin, d'acide pouvant le décomposer, le savon est absorbé sans subir de changements et brûle de façon à être éliminé sous forme de carbonate.

« 11. Dans l'état normal, nous avons remarqué que la *quantité de graisse* contenue dans le chyle est très variable, *mais ces variations sont soumises à des lois constantes.* Il est clair que les quantités en question dépendent de la nature des aliments introduits. Si l'on donne de la viande pure (sans graisse), cette quantité de graisse est réduite au minimum dans le chyle; mais elle devient très abondante, si l'on iotroduit une matière graisseuse en grande quantité.

« 12. Nous avons remarqué en outre que cette proportion dépend aussi de la constitution des animaux soumis aux expériences.

« 13. *Mais, si l'on donne le savon dans des conditions spéciales, on peut toujours obtenir de grandes quantités de chyle très riche en graisse.*

« 14. En analysant les phénomènes observés et en tenant compte de mes travaux antérieurs, je crois pouvoir conclure qu'*il doit exister entre le tissu cellulaire de l'intestin et le commencement des vaisseaux chylifères un organe tout particulier fonctionnant comme une glande et sécrétant la graisse.*

« 15. Un de mes arguments est tiré d'analyses chimiques exactes qui ont démontré que, si l'on donne à des chiens soit de l'acide linoléique, soit du savon linoléique, on trouve toujours dans le chyle une graisse neutre, laquelle a la même composition chimique que la graisse de l'organe mentionné au § 14.

« Pour acquérir une certitude un peu plus grande, nous avons résolu de nous livrer prochainement à deux nouvelles séries d'expériences complémentaires, les unes chimiques, les autres physiologiques. Ces dernières auront pour but l'étude de l'action du système nerveux sur l'organe dont j'ai admis plus haut l'existence; j'étudierai cette influence dans les conditions normales et dans certaines conditions spéciales. »

Félix Plateau. *Influence de l'eau de mer sur les animaux d'eau douce, et de l'eau douce sur les animaux marins.* — « Dans la séance du 2 juillet [1], M. Vulpian a présenté à l'Académie un travail de M. H. de Varigny, intitulée *Influence exercée par les principes contenus dans l'eau de mer sur le développement d'animaux d'eau douce*, travail dont la conclusion principale est que « ... Le chlorure de sodium est, dans « l'eau de mer, le principe de beaucoup le plus nuisible au développement des animaux d'eau douce. »

« M. Paul Bert, dans la séance du 16 du même mois [2], a rappelé, à propos de la Note précédente, les recherches qu'il avait faites sur les causes de la mort des animaux d'eau douce, plongés dans l'eau de mer, et sur les causes de la mort des animaux marins plongés dans l'eau douce; recherches communiquées à l'Académie les 7 et 14 août 1871 et d'où il résulte que « c'est le chlorure de sodium « qui est, dans l'eau de mer, la substance mortelle pour les animaux d'eau douce », et qu'inversement, pour les animaux marins, « c'est la suppression du chlorure « de sodium qui occasionne la mort ».

« Comme j'ai publié, en 1870, sous le titre *Recherches physico-chimiques sur le*

1. *Comptes rendus*, t. XCVII, n° 1 (2 juillet 1883), p. 54.
2. *Comptes rendus*, p. 133.

Articulés aquatiques [1], un Mémoire étendu dont les résultats, malgré la différence des méthodes, sont du même ordre que ceux auxquels sont arrivés MM. Paul Bert et de Varigny, je prends la liberté de reproduire ci-dessous les conclusions qui terminent le Mémoire en question.

ARTICULÉS D'EAU DOUCE.

« 1° L'eau de mer n'a qu'une influence très faible ou nulle sur les coléoptères et les hémiptères aquatiques à l'état parfait; cette influence peut être un peu plus grande pour les larves.

« 2° L'eau de mer produit des effets nuisibles *sur les Articulés à peau mince ou à branchies*, et ces effets sont, en général, d'autant plus marqués que l'étendue de la surface mince est plus considérable.

« 3° Les Articulés aquatiques d'eau douce qui peuvent vivre impunément dans l'eau de mer sont ceux chez lesquels il n'y a pas d'absorption de sel par la peau; ceux qui y meurent, au bout d'un temps relativement court, *ont absorbé des chlorures de sodium et de magnésium.*

« 4° Les sels nuisibles contenus dans l'eau de mer sont les *chlorures de sodium et de magnésium; l'influence des sulfates peut être considérée comme nulle.*

« 5° La différence de densité qui existe entre l'eau douce et l'eau de mer n'explique pas la mort des articulés d'eau douce dans le second de ces liquides.

« 6° Lorsque les Articulés d'eau douce passent, par une transition très lente, de l'eau douce dans de l'eau de mer, et que, durant cette transition, il y a eu reproduction, *la nouvelle génération résiste plus longtemps à l'action de l'eau de mer que les individus ordinaires de l'espèce.*

CRUSTACÉS MARINS.

« 7° Les Crustacés les plus communs de notre littoral meurent, dans l'eau douce, après un temps variable pour chaque espèce, mais qui ne dépasse pas neuf heures.

« 8° Les Crustacés marins plongés dans l'eau douce abandonnent à celle-ci les sels (*chlorure de sodium surtout*) dont étaient imprégnés leurs tissus.

« 9° Dans le plus grand nombre des cas, la présence du chlorure de sodium fait partie des conditions d'existence indispensables aux Crustacés marins; *ce sel paraît être le seul nécessaire.*

« 10° Les individus de petite taille et ceux qui, venant de muer, ont les téguments minces, résistent moins que les autres à l'influence des liquides à composition exceptionnelle.

« 11° La différence entre les densités de l'eau de mer et de l'eau douce *ne peut être considérée comme la cause de la mort des Crustacés marins dans l'eau douce.*

« 12° *Applicable aux deux groupes.* — L'endosmose permet d'expliquer l'absorp-

1. *Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers de l'Académie royale de Belgique*, t. XXXVI, 1870.

tion des sels par la peau mince ou les surfaces branchiales des Articulés d'eau douce plongés dans l'eau de mer. La diffusion et la dialyse, s'opérant avec plus d'énergie pour les chlorures de sodium et de magnésium que pour le sulfate de magnésium, montrent en vertu de quelle cause les chlorures seuls de l'eau de mer sont absorbés. Enfin la dialyse explique comment les Crustacés marins placés dans l'eau douce perdent, au sein de ce liquide, les sels dont ils sont imprégnés [1]. »

Séance du 13 août 1883.

Burq. *Du cuivre contre le choléra, au point de vue prophylactique et curatif.* — « L'Académie sait que, depuis plus de trente années, nous nous sommes livré à une étude suivie de l'action du cuivre contre le choléra. Le moment nous paraît venu de rappeler sommairement les résultats de cette longue étude et les enseignements divers qui en découlent.

« A. *Préservation professionnelle par le cuivre.* — Des observations et des faits sans nombre, vérifiés et souvent attestés hautement par tous ceux qui, en France en Suède, en Russie, en Allemagne, en Espagne, en Italie, etc., et jusque dans le berceau même de la maladie, à Bagdad, s'étaient donné la peine d'y regarder de près, et qui ne furent jamais niés par aucun témoin oculaire; les statistiques de décès cholériques dressées par Trébuchet et par Blondel; une enquête de la Préfecture de Police après l'épidémie de choléra de 1865-66; un Rapport de Michel Lévy en 1861, de Vernois en 1869 et de Devergie en 1876 au Conseil d'hygiène et de salubrité; un quatrième Rapport du Dr Pauchon à la Société de Médecine de Marseille en 1873, etc., ont démontré : que tous les individus qui subissent, de par leur profession, leur cohabitation ou même le simple voisinage d'industries à cuivre, une imprégnation cuprique journalière sans intervention d'une cause quelconque pouvant atténuer et même annihiler les effets de cette imprégnation, comme un chômage prolongé, ou agir en sens inverse, ainsi que des purgations intempestives ou une hygiène par trop mauvaise peuvent le faire tous ces individus jouissent généralement, par rapport au choléra, d'une immunité proportionnelle, et que les exceptions — *il en existe* — sont pour le moins tout aussi rares que celles de personnes bien vaccinées qui prennent encore la petite vérole. En tête de la préservation sont tous les ouvriers dont la coloration témoigne d'une sorte de saturation cuprique, tels que les fabricants d'instruments de musique ou d'optique *en cuivre*, les polisseurs à sec, les tourneurs au pied d'objets bien finis, les chaudronniers *véritables*, et non les étameurs, les raccommodeurs, etc., les fondeurs, les monteurs en bronze, etc.

« Cette préservation ne surprendra plus personne si l'on réfléchit que les sels de cuivre protègent efficacement les traverses de chemins de fer, les poteaux télégraphiques, etc., qui en ont été injectés, et si l'on considère que de récentes expériences, faites dans les laboratoires de l'École Normale, de Montsouris et de

1. On trouvera dans mon mémoire les analyses des travaux publiés avant 1870, entre autres celles des premières recherches de M. Paul Bert, datant de 1866 et montrant que l'illustre physiologiste s'occupe de la question depuis longtemps.

la Sorbonne, ont placé le cuivre si haut dans le rang des matières antiseptiques qui peuvent ête employées sur l'homme sans danger, que la Société de Médecine publique de Paris et le Conseil d'hygiène ont fait de ses sels l'une des bases principales de leurs prescriptions hygiéniques, et que M. le professeur Bouley n'a point hésité à leur donner une grande place dans une magistrale leçon *sur les maladies contagieuses et les médications préventives*, qui a paru en juillet dans la *Revue des Cours scientifiques*.

« D'autre part, il est acquis aujourd'hui, grâce à nos recherches sur la prétendue *colique de cuivre*, et aux expériences confirmées depuis par le Dr Galippe, que nous fîmes en 1869, en collaboration avec le Dr Ducom, expériences publiées dans les *Annales de Physiologie normale et pathologique*, qu'on peut ingérer impunément du cuivre en quantité voulue pour se mettre dans les mêmes conditions d'imprégnation que les ouvriers les plus épargnés.

« Tout cela étant, la préservation cuprique s'impose d'autant plus que, sans parler de nos observations personnelles, dont les premières remontent déjà à l'épidémie de 1853-1854, nombre d'observations ont été citées qui plaident en sa faveur. C'est ainsi encore que tout proche de nous, en 1879, le Dr Maillet fit, au Japon, de la préservation sur une grande échelle avec les ceintures de cuivre, et qu'en ce moment même, d'après ce qu'aurait dit M. le professeur Vulpian, à Mékong, dans le delta du Gange et en Égypte les officiers et anglais se préservent par le cuivre. Dès 1868, dans la peste bovine, les animaux auraient eux-mêmes bénéficié de nos recherches. Donc :

« 1. Application du cuivre *extra* soit sous la forme métallique, armatures, plaques ou mêmes de simples sous, cousus, après avoir été bien décapés, sur des lanières de cuir souple; soit en teinture dans un gilet, une chemise ou une ceinture de flanelle;

« 2. Combustion à domicile de bichlorure de cuivre dans des lampes à alcool;

« 3. Usage quotidien d'une préparation de cuivre à dose progressive, du bioxyde, par exemple, qui n'aaucun goût, à partir de 0 gr. 01 jusqu'à 0 gr. 06 suivant les âges, en deux fois dans la journée, ou bien de quart de lavement avec de l'eau tiède contenant de 0 gr. 10 à 0 gr. 20 de sulfate de cuivre;

« 4. Mouiller le vin des repas avec de l'eau minérale naturelle de Saint-Christau et faire usage de légumes verdis avec du sulfate de cuivre;

« 5. Et se conformer, d'ailleurs, aux sages prescriptions hygiéniques publiées dar l'autorité.

« Tels sont, suivant l'expérience que nous en avons acquise, les moyens efficaces de préservation.

« Reste la question essentielle du traitement, dont nous aurons l'honneur de faire l'objet d'une Communication ultérieure à l'Académie. »

PEYRUSSON. *Du danger de contagion des maladies infectieuses, par l'emploi des vases en faïence tressaillée.* — « Ayant eu à examiner des poteries communes soupçonnées d'avoir occasionné des accidents d'intoxication saturnine, j'ai pu constater qu'un grand nombre de ces poteries sont encore, malgré les circulaires ministérielles, très souvent vernies à l'alguifoux; leur glaçure contient une quan-

tité de plomb qui constitue un danger sérieux, puisque j'ai pu retirer, de 100 gr. de lait qui avait fermenté dans un de ces vases, la dose énorme de 0,22 de sulfate de plomb.

« On sait cependant que M. Constantin a inventé un procédé à la fois plus économique et tout à fait inoffensif, le vernissage au borosilicate de chaux, et que ce chimiste, dont l'Académie a couronné les travaux, a libéralement livré au public cette découverte, si importante au point de vue de l'hygiène. Il y aurait donc utilité à provoquer de nouveau l'intervention de l'autorité sur ce point.

« La glaçure des faïences fines, françaises et anglaises, a été beaucoup améliorée par l'addition de l'acide borique et du borate de chaux, qui permettent de diminuer dans une grande proportion la quantité de céruse qui entrait jadis dans leur composition; elles ne cèdent qu'une petite quantité de plomb au lait et au bouillon fermentés; mais, étant donné que ce métal est le plus dangereux des métaux usuels, il n'est pas douteux que, si ces poteries ne peuvent produire d'empoisonnements aigus comme les poteries vernies à l'alguifoux, elles peuvent cependant, par un usage habituel, occasionner des accidents qui sont d'autant plus à redouter que l'élimination du plomb de l'économie demande un temps très long, pendant lequel les petites doses s'accumulent dans l'organisme.

« Au cours des expériences dont je viens de parler, je remarquai que les vases dans lesquels j'avais fait aigrir une première fois du lait ou du bouillon faisaient fermenter ces matières beaucoup plus rapidement lorsque j'y renouvelais l'expérience, même après les avoir nettoyés avec grand soin. J'eus alors l'idée que ce fait pouvait provenir des tressaillures, ou gerçures, qui existent toujours dans la glaçure des faïences qui ont servi un certain temps : je me demandai si ces petites fentes ne conservaient pas, malgré les lavages, un certain nombre de germes qui provoquaient la fermentation des liquides frais que je mettais à nouveau dans ces vases. Les faïences, même les plus fines, sont en effet constituées par une pâte qui n'a pas été cuite jusqu'au ramollissement et qui, par conséquent, est restée poreuse.

« .... Il semble résulter de mes expériences que les tressaillures peuvent servir de réceptacle aux germes des fermentations. Étant donnée l'analogie, démontrée par M. Pasteur, de ces germes avec ceux des maladies contagieuses, il est certainement permis de craindre que ces vases puissent également conserver les germes de ces maladies, lorsqu'ils ont servi à des malades qui en étaient atteints.

« Le Rapport de M. Gueneau de Mussy, sur les épidémies de 1880, mentionne le fait de 23 hommes qui ont contracté la fièvre typhoïde à l'hôpital, où ils étaient entrés pour des maladies différentes. On ne saurait trop prendre de précautions pour éviter les contagions. Je ne serais pas étonné que nombre de contaminations eussent été produites par les vases, dans les conditions que je viens d'indiquer; c'est pourquoi il m'a semblé utile d'attirer l'attention de l'Académie sur cette question, dont les hygiénistes ne se sont pas, que je sache préoccupés jusqu'à ce jour.

« Je conclurai en disant qu'il serait prudent d'éviter l'emploi des vases en faïence, pour le service des malades atteints d'affections contagieuses; ces vases devraient être absolument proscrits des hôpitaux, où l'on ne devrait employer que des vases en verre et en porcelaine; le métal lui-même présente toujours des

rugosités où peuvent se fixer des germes infectieux, que les lavages, même à l'eau bouillante, peuvent ne pas détruire.

« Les indications que M. Pasteur vient de publier, pour la prophylaxie du choléra, indiquent l'importance qu'il attache à la purification des vases et justifient ces conclusions. »

FOL. *Sur l'origine de l'individualité chez les animaux supérieurs.* — « La question que je cherche à élucider n'est pas celle de l'origine historique ou phylogénique des types élevés du règne animal, mais seulement celle de l'origine physiologique de l'individu. Il s'agit de savoir à quel moment de l'ontogénie l'individualité prend naissance et se circonscrit, quel est le premier fait de la personnalité.

« Tant que l'on se contente de suivre la succession normale des événements embryogéniques, le problème reste insoluble; pour obtenir le critère désiré, il faut avoir recours à l'expérimentation et à l'observation des processus pathologiques. Si nous arrivons à préciser les conditions et l'époque de l'origine des monstres doubles ou multiples, nous serons bien près de connaître celles de l'individu normal.

« Je laisse de côté, comme étrangers à la question qui nous préoccupe, les cas de soudure de deux embryons résultant du développement de deux œufs distincts. Ces soudures, dont M. de Lacaze-Duthiers a fait connaître un exemple frappant chez un Mollusque et dont j'ai moi-même récemment observé quelques cas chez l'*Axolotl*, diffèrent des véritables monstres doubles tant par l'origine que par la disposition des organes. Je ne m'occupe pas davantage des cas de bifurcation de la queue ou de formation de doigts surnuméraires qui paraissent appartenir à un autre ordre de faits. Ces déductions faites, il ne reste plus que les véritables monstres doubles qui résultent tous du développement et de la réunion progressive de deux ébauches embryonnaires comprises dans un même vitellus, et séparées par un espace plus ou moins grand au moment de leur apparition. Mes conclusions, qui s'appuient sur une démonstration détaillée, s'accordent donc fort bien avec celles de MM. Dareste et Rauber.

« Quels sont les facteurs qui déterminent la formation d'un ou de plusieurs embryons aux dépens d'un seul vitellus, et à quel moment pouvons-nous prédire la marche du développement ?

« Mes nouvelles recherches ont porté principalement sur l'Oursin (*Strongylocentrotus lividus*), qui est strictement individualisé à toutes les phases de son existence et dont les œufs sont éminemment propices à cette étude histologique. J'étais arrivé précédemment à la conclusion que la fécondation normale ne demande qu'un zoosperme par œuf; Selenka pense que deux ou trois zoospermes n'entraînent pas de phénomènes irréguliers. J'ai vérifié ce point et j'ai trouvé que, lorsque toutes les conditions normales sont scrupuleusement observées, il ne pénètre effectivement qu'un seul élément fécondant dans chaque vitellus, mais que deux zoospermes peuvent souvent entrer et se réunir tous deux au noyau femelle sans qu'il en résulte quelque chose d'anormal dans le développement. Le chiffre trois m'a paru être au delà de la limite de tolérance. Le spermatozoaire n'agit donc pas comme individualité : il représente seulement une certaine dose de sub-

stance nucléaire, d'une certaine provenance, dose qui peut varier du simple au double.

« Les œufs mal mûrs ou altérés laissent pénétrer un nombre beaucoup plus considérable de filaments spermatiques. J'ai fait usage, dans mes dernières recherches, d'une méthode fort élégante, qui consiste à opérer sur des œufs parfaitement frais et mûrs à point, mais à les narcotiser momentanément, un peu avant la fécondation artificielle, par une immersion dans de l'eau saturée d'acide carbonique. La rencontre des produits sexuels doit avoir lieu dans une eau bien aérée. Si les œufs sont à moitié engourdis, ils reçoivent en moyenne trois à quatre zoospermes chacun. Les trois ou quatre noyaux mâles vont se réunir au noyau femelle, et il survient un temps de repos pendant lequel rien ne ferait deviner ce que la fécondation a eu d'anormal, si ce n'est la durée plus grande de cette période d'immobilité. Mais, au moment où le premier fractionnemeni se prépare, on voit apparaître une figure cariolitique complexe à trois ou quatre pôles au lieu de deux, un triaster ou un tétraster, ou deux amphiaster parallèles, isolés ou reliés par un fuseau intermédiaire. Le nombre des cellules du fractionnement est au moins double de celui que présentent des embryons normaux de l'âge correspondant, et, plus tard, les larves ont des formes irrégulières et souvent deux ou trois cavités gastréales.

« Si les œufs sont plus complètement engourdis, ils laisseront entrer de cinq à dix zoospermes; ceux qui en reçoivent un nombre plus grand peuvent être considérés comme morts. Les premiers noyaux mâles traversent le vitellus et vont se réunir au noyau femelle assez rapidement, sans que le corps du spermatozoaire, qui est formé de substance chromatique, ait le temps de beaucoup grossir. Les noyaux suivants restent dans la partie superficielle du vitellus; la chromatine se gonfle et prend la disposition réticulée, et les noyaux ne diffèrent que par la dimension de la forme typique d'un noyau fécondé. Lors du fractionnement, qui se fait toujours attendre assez longtemps, le noyau fécondé se change en un tétraster ou en un double amphiaster, et chacun des noyaux mâles devient un amphiaster. Les pôles des amphiasters voisins se réunissent d'habitude de manière à former des chapelets composés alternativement d'étoiles et de fuseaux, des figures variées que nous nommerons des constellations. Chacun de ces amphiasters semble être un centre de développement, car celles des larves qui survirent prennent une forme de polygastrée. Toutes ces figures cariolitiques complexes présentent les mêmes parties essentielles qu'un amphiaster typique et normal.

Ces faits m'amènent à la conclusion que ni l'œuf, ni le noyau femelle, ni le zoosperme, pris séparément, ne suffisent à déterminer l'individualité. La dose et la provenance de la substance nucléaire qui peut être le point de départ de la formation d'un embryon varient dans des limites assez larges, et le nombre des amphiasters qui se montrent au moment du premier fractionnement est le premier critère que détermine le nombre des individus. Je considère donc le premier amphiaster de fractionnement comme le premier fait individuel. »

Richard. *Sur la culture des Palmiers dans les terrains imprégnés de sel marin.* — ... Le Palmier datier (*Phœnix ductifera*) paraît se complaire dans un sol salin; cette observation est confirmée par les arrosages, qui finissent, en quelque sorte,

par saturer le terrain de chlorure de sodium, comme on peut le remarquer à Elche, à Alicante et en d'autres localités.

« En effet, le Vinalopo qui sert à irriguer, au moyen d'une retenue ou *pantano*, le territoire d'Elche, est fortement saumâtre, comme toutes les eaux qui sortent du monte Pinoso, qui est presque exclusivement constitué par des couches de sel gemme et de sulfate de chaux. Cette eau, constamment projetée depuis des siècles à travers les plantations de Palmiers, a fini par former une croûte superficielle, sur une épaisseur de 0 m. 12 à 0 m. 18, qu'on est obligé de remuer à la pioche pour permettre l'introduction de l'eau dans les parties inférieures.

« La ville d'Alicante a planté de la même variété de Palmiers sa belle promenade du port, et, comme elle est complètement privée d'eau douce, elle les arrose avec une eau encore plus chargée que celle du Vinalopo des mêmes sels.

« Les sécheresses qui éprouvent si cruellement cette ville et la province entière [1] tarissent souvent cette unique ressource, et alors l'on arrose tout simplement ces Palmiers, comme la promenade elle-même, avec de l'eau de mer, qu'on puise à une vingtaine de mètres, distance à laquelle cette plantation se trouve du quai.

« Toutes les plantations de Palmiers, faites récemment entre le cap de Huertas et le Rio Monegro, dans l'admirable plaine de San Juan, ont réussi à merveille : les racines plongent littéralement dans l'eau de mer, car c'est à quelques pas de la mer et dans les sables du rivage qu'on les a placées.

« J'engage les personnes qui prétendent que les bords de la mer et les lieux salés sont contraires aux Palmiers à venir contrôler ces observations. »

Séance du 20 août 1883.

Renault. *Note pour servir à l'histoire de la formation de la houille.* — « Lorsqu'on réduit en lames minces et transparentes des fragments de houille pris au hasard, on ne distingue généralement dans les préparations aucune trace d'organisation végétale; parfois seulement quelques débris de trachéides rayées et ponctuées, quelques groupes peu importants des cellules diverses apparaissent au milieu du charbon jaune brun en laissant tamiser la lumière.

« Il n'en est plus de même si l'on opère sur des fragments choisis à la loupe et présentant à leur surface, sous un éclairage convenable, des indices d'organisation; l'intérieur peut alors être soumis utilement à l'examen microscopique.

« La houille offrant ce caractère extérieur favorable se trouve assez fréquemment sous forme de rognons dans les parties un peu argileuses du combustible exploité ou même constitue des bancs d'une notable épaisseur dont les feuillets montrent à la surface, soit des empreintes variées de feuilles, soit des cicatrices corticales de Sigillaires, Lépidodendrons, etc.

« J'ai signalé autrefois [2] la structure conservée de certains fragments de jayet

1. Voir *Los pozos artesianos en Espana*, dédié à M. de Quatrefages, par M. A. Richard (1880).
2. *Cours de Botanique fossile*, p. 15 et 89, 1880, où je fais remarquer que l'épaisseur d'une feuille de Cordaïte transformée en houille est en moyenne 0 millim. 07, tandis que celle de la même feuille silicifiée varie de 0 millim. 5 à 0 millim. 7.

trouvés dans les schistes de Polroy, près d'Autun, et celle de feuilles de *Cordaites* de Saint-Etienne; depuis lors, sur l'invitation de M. Fayol, l'habile directeur des houillères de Commentry, j'ai examiné de nombreux fragments de houilles recueillis soit au milieu même des couches exploitées, soit autour du moule interne de troncs, variés, et dans presque tous les cas j'ai rencontré une structure conservée.

« Dans cette première Note, il ne sera question que de quelques-uns de ces troncs dont le nombre *dépasse* deux cents et qui tous ont été relevés et cotés avec soin par M. Fayol.

« Les uns sont couchés horizontalement ou inclinés, les autres sont debout, tous possèdent une enveloppe de houille noire, brillante, se conduisant avec les réactifs comme la houille ordinaire, et dont l'épaisseur, suivant les troncs, varie de 0 m. 002 ou 0 m. 003 jnsqu'à 0 m. 05 et 0 m. 06.

« Quelle que soit leur position, ils sont cimentés par un grès fin, argileux, blanc jaunâtre, non imprégné de houille on de bitume, isolés les uns des autres et éloignés des veines de charbon en exploitation.

« La houille qui les recouvre ne peut donc provenir d'une infiltration quelconque et résulte de la transformation même des tissus végétaux.

« Des préparations faites dans des directions choisies montrent une conservation inespérée, le bois et l'écorce présentant encore la plupart de leurs éléments caractéristiques.

« Grâce à cette conservation, j'ai pu rapprocher un certain nombre d'entre eux, de ceux que l'on rencontre à l'état silicifié, mais fragmentaire dans les gisements d'Autun et de Saint-Etienne, et, par suite, compléter l'étude de ces derniers par celle de troncs actuellement connus extérieurement sur une longueur de 8 à 10 m.

« Un fait important découle de la comparaison des organes élémentaires des tissus selon qu'ils sont transformer en houille ou bien suivant qu'ils sont conservés par la silice ou le carbonate de fer : c'est celui de la diminution des éléments convertis en houille sur toutes leurs dimensions.

« En effet, sur une coupe transversale d'*Arthropitus bistriata*, les trachéides se présentent serrées les unes contre les autres; un mince filet plus clair qui les sépare permet de les distinguer avec un grossissement de 200 diamètres. Sous la pression lente, mais continue, des terrains d'alentour, leurs parois latérales, celles qui portent les ornements rayés, sont venues se toucher, et, la cavité interne disparaissant, leur section actuelle est une ellipse aplatie à contour sinueux.

« Sur une coupe longitudinale radiale, c'est-à-dire faite dans le sens où la trachéide présente *maintenant* la plus grande largeur, cette dimension atteint la moitié ou les deux tiers à peine de celle d'une trachéide semblable prise dans un échantillon silicifié; en outre, sur une *même* longueur, le nombre des ornements rayés est dans le rapport de 3 à 2. La première s'est donc raccourcie d'un tiers environ.

« Dans un échantillon d'*Arthropitus gallica* dont le bois est *partie* carbonaté *partie* converti en houille, on compte sur une longueur des trachéides de 1/10 de milimètre, quatorze raies dans la région transformée en houille et dix seulement dans celle qui est carbonatée; le rapport des largeurs correspondantes des trachéides est 1 à 2.

« L'analyse chimique d'une houille provenant *uniquement* de bois de *Cordaite*, d'*Arthropitus*, dans lequel il n'y a aucun organe sécréteur, de *Sigillaires*, celle au contraire qui a été produite par la partie subéreuse des écorces de *Syringodendron*, *Lepidodendron*, etc., ou bien encore de celle qui résulte de l'agglomération de racines serrées les unes contre les autres de *Psaronius*, ne peut manquer d'offrir un grand intérêt, si elle montre que la composition de la houille est liée à celle des éléments d'où elle dérive.

« De ce qui précède, il résulte :

« 1° Que, dans beaucoup de cas, la houille ne peut provenir que de la transformation sur place des éléments qui constituent les végétaux et dont elle a conservé la figure ;

« 2° Que le bois, aussi bien que l'écorce, a contribué à la formation de la houille ;

« 3° Qu'en se convertissant en houille, les éléments organiques, cellules, trachéides, ont diminué de grandeur sur toutes leurs dimensions dans un rapport que l'on peut déterminer et dépendant de la densité primitive de la matière organique constituante.

« Dans une Note ultérieure, j'indiquerai, avec plus de détails, les principales espèces de plantes houillères dont j'ai rencontré l'organisation conservée. »

Séance du 27 août 1883.

SAPPEY. *Note et considérations sur un fœtus qui a séjourné cinquante-six ans dans le sein de la mère.* — « Lorsqu'un enfant est arrivé au terme de son développement, si un obstacle quelconque s'oppose à son expulsion, il ne tarde pas à périr et devient alors pour la mère la cause des plus graves accidents, dont la mort est conséquence ordinaire. Dans quelques circonstances extrêmement rares, on a vu cependant le fœtus se comporter à la manière d'un simple corps étranger, auquel s'habituaient si bien tous les organes environnants, qu'une nouvelle grossesse a pu se produire et suivre son cours naturel.

« Comment ces enfants morts ont-ils pu se conserver dans le sein de leur mère vivante, pendant vingt-six ans comme celui de Toulouse, pendant vingt-huit ans comme celui de Sens, pendant trente ans comme celui de Pont-à-Mousson, pendant trente et un ans comme celui de Joigny, pendant quarante-sept ans comme celui de Leinzel en Souabe, et enfin pendant plus d'un demi-siècle comme celui de Quimperlé, dont je parlerai plus loin?

« Dans le but d'expliquer leur conservation, deux théories ont été proposées. La plus ancienne est celle de la pétrification. Pour les auteurs qui l'admettent, les enfants conservés sont assimilables aux fossiles. Les principes immédiats de leur corps ont été remplacés, molécule à molécule, par une substance gypseuse, siliceuse ou calcaire, de telle sorte qu'ils ont changé de nature sans rien perdre de leur volume, de leur forme et de leur constitution primitive. Cette théorie s'appuie sur le durcissement extrême qu'offraient la plupart des organes chez quelques fœtus. Ainsi Billement avance que le fœtus de Pont-à-Mousson était pétrifié. Bartholin, qui avait vu le fœtus de Sens dans le cabinet des curiosités de Frédéric III,

roi de Danemark, affirme qu'il était dur comme la pierre. Mais, ni le fœtus de Leinzel en Souabe, ni le fœtus de Joigny, ni le fœtus de Quimperlé n'étaient pétrifiés ; et la pétrification des fœtus précédents paraît d'ailleurs très contestable. Cette théorie est donc contredite par les faits observés.

« La seconde théorie est celle du dessèchement progressif.

« Mais le fœtus de Quimperlé, qui n'était pas desséché, vient lui donner le plus complet démenti. Elle était donc insuffisante aussi. Il fallait par conséquent en chercher une troisième qui pût nous expliquer, non seulement pourquoi un enfant se conserve lorsqu'il se dessèche, mais aussi pourquoi il se conserve lorsqu'il ne se dessèche pas. Cette nouvelle théorie prenant son point d'appui sur le fœtus de Quimperlé, j'en donnerai d'abord une rapide description.

« Afin de ne pas abuser des moments de l'Académie, je dirai seulement que la mère devint grosse à 28 ans. Parvenue à l'âge de 84 ans et jusque-là assez bien portante, elle fut admise en 1845 à l'hospice de Quimperlé et mourut trois semaines après son entrée. M. Beaugendre, qui lui avait donné ses soins, en fit l'autopsie. La paroi abdominale largement incisée, il put constater que la tumeur était située en dehors de la matrice, sur le trajet de la trompe utérine droite. Cette tumeur, comme toutes celles du même ordre, était constituée par un kyste à parois extrêmement dures, à surface inégale et mamelonnée. Le kyste enlevé, on le divisa à l'aide d'une scie en deux parties égales. Bien grande alors fut la surprise des spectateurs. Dans cette enveloppe, qui appartenait par tous ses attributs au monde minéral, il y avait un enfant ! Et cet enfant, pendant sa longue captivité, n'avait subi aucune altération ! Il se présentait dans l'attitude qui lui est ordinaire, les membres fléchis sur le tronc, la tête inclinée sur le thorax. Les deux membranes pupillaires complètement développées attestaient qu'il était âgé de six à sept mois. L'enveloppe cutanée, les organes superficiels, les viscères situés dans les grandes cavités du corps, tous les muscles et toutes les parties molles avaient conservé leur consistance, leur souplesse, leur couleur normales. Le fœtus, en un mot, apparut aux yeux des personnes présentes sous les traits d'un enfant qui vient de s'endormir. A ce spectacle inattendu, une sorte d'émotion s'empara de toute l'assistance et se propagea au dehors avec la rapidité de l'éclair. Aussi chacun d'accourir pour voir celui qu'on appelait le petit vieillard de 56 ans.

« Ce fait unique, je crois, dans les annales de la Science, suffit à lui seul pour réfuter la théorie du dessèchement. Loin de moi cependant la pensée de méconnaître la haute portée du travail de Morand. Cet auteur avait bien compris que l'emprisonnement parfait du fœtus avait surtout pour avantage de le mettre à l'abri du contact de l'air. Mais nous savons aujourd'hui que l'air n'est pas nuisible en lui-même. Dans une expérience restée célèbre, M. Pasteur démontrait à l'Académie des Sciences, le 20 avril 1863, que, lorsqu'il est privé de ses germes, les matières organiques ne se décomposent pas. L'illustre expérimentateur s'exprime ainsi :

« J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie des ballons renfermant « de l'air pur et du sang de chien en bonne santé. Ces ballons ont été exposés de- « puis le 3 mars dans une étuve constamment chauffée à 30°. Le sang n'a éprouvé

« aucun genre de putréfaction. Je dépose également sur le bureau des ballons pareils « aux précédents, renfermant de l'urine fraîche; elle est restée intacte. »

« Entre ces ballons de M. Pasteur contenant des matières putrescibles et les ballons calcaires, dans lesquels se trouvaient renfermés les fœtus dont je viens de parler, il existe une saisissante corrélation. Seulement, dans les ballons de M. Pasteur, il y avait des liquides putrescibles et de l'air privé de ses germes; dans les ballons que la nature avait construits de toutes pièces autour des fœtus qu'elle voulait conserver, il n'y avait ni air ni germes. De part et d'autre, en un mot, les germes atmosphériques faisaient défaut, et, de part et d'autre aussi, le contenu putrescible a résisté à la décomposition putride. Ainsi s'explique la conservation des enfants qui sont restés, après leur mort, un grand nombre d'années dans le sein de la mère. Ramenés à leur véritable interprétation, tous les faits précédemment mentionnés apportent donc une éclatante confirmation à la doctrine que M. Pasteur défend depuis vingt-cinq ans, avec tant de zèle, de succès, de dévouement et une si louable énergie. Devant ces faits, les théories anciennes doivent disparaître pour faire place à une théorie nouvelle, plus en harmonie avec les données de la Science moderne. Cette nouvelle théorie peut être ainsi formulée :

« Les enfants qui, après la mort, se conservent indéfiniment dans le sein de la mère sont redevables de leur conservation aux conditions physiques de leur emprisonnement qui ont pour avantage de les mettre à l'abri des germes atmosphériques.

« Un dernier mot sur le fœtus de Quimperlé. Après l'avoir attentivement examiné dans ses moindres détails, M. Beaugendre le déposa dans un bocal rempli d'alcool un peu étendu et renouvela d'abord ce liquide de temps en temps pendant quelques années; puis plus tard, voulant éviter cette petite opération, il l'exposa à l'air libre pour le dessécher. Le traiter ainsi, c'était le dépouiller de son attribut le plus précieux et commettre un acte bien regrettable, que je reprochai à mon savant et distingué confrère. Il le reconnut avec franchise. Mais le mal était irréparable. La dessiccation, après immersion prolongée dans l'alcool, devait être et resta en effet définitive. C'est dans cet état qu'il m'a été remis et que j'ai l'honneur de le présenter à l'Académie. »

Séance du 3 septembre 1883.

Botanique fossile. *Sur les affinités des flores éocènes de l'ouest de la France et de l'Angleterre.* Note de M. L. Crié, présentée par M. Chatin. — « J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les premiers résultats de mes études comparatives, concernant les flores éocènes de l'ouest de la France et celles d'Alumbay (île de Wight) et de Bournemouth en Angleterre.

« Les localités classiques d'Alumbay et de Bournemouth sont largement représentées dans les collections du British Museum de Londres. L'argile blanche d'Alumbay a offert à notre ami, M. Gardner, un certain nombre d'empreintes bien conservées. Le même paléontologue a pu recueillir à Bournemouth une série de végétaux fossiles, qu'il décrit périodiquement, en collaboration avec le professeur Constantin Ettingshausen, dans un travail intitulé : *A monograph of the British eocene flora.* Pendant mon séjour à Londres, il m'a été possible d'étudier, au Bri-

tish Museum, grâce à l'obligeance de M. Woodward, quelques formes de végétaux fossiles que je considère comme analogues ou identiques à celles des grès éocènes du Maine, de l'Anjou et de la Vendée.

« Parmi ces formes, je citerai : *Lygodium Kaulfussii*, *Aneimia subcretacea*, *Quercus Bournensis*, *Dodonæa subglobosa*, *Symplocos Britannica*.

« Les Schiséacées, dont M. Gardner a récemment observé des frondes fertiles dans l'éocène de Bournemouth, ont des sporanges qui sont logés dans les excroissances des tissus de la fronde, sur des segments fertiles et spiciformes pourvus d'un anneau en forme de calotte, complet et situé au niveau de l'une des extrémités. Le *Lygodium Kaulfussii* Heer (*Aneimia*) existe en France, en Angleterre et aux États-Unis, surtout dans l'éocène moyen. C'est une espèce de Bournemouth, que nous avons observée dans les grès de Saint-Pavace et de Fyé [1]. Elle semble voisine de l'*Aneimia palæogea*, Sap. et Mar., de Gelinden, et parmi les formes vivantes l'*Aneimia obliqua* de Cuba et le *Lygodium palmatum* de la Floride paraissent s'en rapprocher le plus.

« L'*Aneimia subcretacea* [2], que M. Gardner a recueilli à Bournemouth, est une forme analogue à celle que nous avons décrite, en 1878, sous le nom d'*Asplenium Cenomanense*, et dont nous possédons aujourd'hui des échantillons plus complets. Cette plante existe dans les grès éocènes de Fyé (Sarthe). Elle rappelait par son port l'*Aneimia adiantifolia* de la Floride et du Mexique.

« Le *Quercus Bournensis* de l'argile blanche d'Alumbay appartient au groupe des chênes castaniformes asiatiques, remarquables par leurs feuilles dentées épineuses. Ces feuilles rappellent à l'esprit celles des chênes prototypiques ou *Dryophyllum*, nom dont s'est servi M. Debay pour désigner les Quercinées de la craie d'Aix-la-Chapelle. Comme l'ont justement fait remarquer MM. de Saporta et Marion [3], « certaines espèces asiatiques opèrent une liaison graduée soit par l'aspect des feuilles, soit par la structure des involucres du fruit, soit enfin par la disposition des appareils mâles, vers les *Castanopsis* qui ne sont eux-mêmes que des *Castanea* à feuilles persistantes et coriaces propres aux régions chaudes, tandis que les châtaigniers proprement dits habitent la zone tempérée boréale dans l'un et l'autre continent et paraissent avoir été répandus jusqu'auprès du pôle, à une époque antérieure, vers le milieu des temps tertiaires. Les chênes asiatiques dont il est question constituent de nos jours la section *Pasania*, Miq., *Cyclobalanus*, Endl., *Chlamydobalanus*, Endl. ». L'étude que nous avons pu faire de la nervation du *Quercus Bournensis* d'Alumbay nous a appris que cette espèce est très voisine de certaines formes du *Quercus palæodrymeja*, Sap., des grès éocènes de Sargé, Saint-Pavace et Saint-Aubin (Sarthe).

« Le *Laurus Forbesi*, signalé depuis longtemps déjà dans l'argile d'Alumbay, appartient aussi à la flore des grès éocènes du Mans et d'Angers.

1. Voir L. Crié, *Recherches sur la végétation de l'ouest de la France à l'époque tertiaire. Flore éocène du Mans et d'Angers*. Paris, 1878.

2. *Asplenium subcretaceum*, Saporta. — Flore fossile de Sézanne. *Gymnogramma Haydenii*, Lesquereux. *U. S. Annal-Report*, 1871, p. 215.

3. De Saporta et Marion, *Essai sur l'état de la végétation à l'époque des marnes heersiennes de Gelinden*, p. 33.

« MM. Gardner et Ettingshausen ont désigné sous le nom de *Symplocos Britannica* des fruits ou parties de fruits découverts à Alumbay. Ces empreintes, dont l'attribution ne nous paraît pas définitive, figurent parmi les éléments caractéristiques de notre flore éocène du Mans et d'Angers; elles sont communes à Saint-Pavace, Sargé, Saint-Aubin et Fyé (Sarthe), à Soucelles, Cheffes et Corzé (Maine-et-Loire). Des fruits analogues ont été décrits par M. Heer [1] sous le nom de *Diachænites* et *Peucedanites*.

« Le *Dodomæa subglobosa* de MM. Gardner et Ettingshausen existe aussi dans les grès de la Sarthe. Ces fruits seront figurés prochainement, dans notre supplément à la flore éocène de l'ouest de la France. »

Séance du 10 septembre 1883.

Faye. *Sur certaines prédictions relatives aux tremblements de terre.* — « L'Académie reçoit parfois communication d'idées tellement excentriques que les Commissions chargées de leur examen hésitent à lui en rendre compte : le jugement qu'elles provoqueraient seraient purement négatif et pourrait nuire à des savants qu'on risquerait de décourager.

« C'est le cas de celle que M. J. Delauney nous a adressée le 17 novembre 1879. MM. Daubrée, Tisserand et Faye avaient été nommés Commissaires; mais, comme l'auteur affirmait que les planètes Jupiter, et Saturne surtout, exercent une influence décisive sur les tremblements de terre, la Commission s'est abstenue de faire un Rapport.

« Depuis cette époque sont survenus les terribles événements d'Ischia et de l'île de Java. M. Delauney y a trouvé une confirmation frappante de ses vues et n'a pas manqué de le constater devant l'Académie, en disant que, s'il n'avait pas signalé l'année 1883 comme devant être particulièrement agitée, il en avait fait du moins mention dans son Mémoire de 1879. Il rappelle même la phrase suivante, qu'il a insérée postérieurement dans le journal *la Nature* du 23 octobre 1880 :

« La prochaine tempête séismique serait due à la rencontre de Jupiter et de « l'essaim d'août; la date de 1883, 5, serait celle du commencement du phéno- « mène. »

« De plus, on lit dans les journaux de la semaine dernière que, d'après M. J. Delauney, l'époque la plus critique serait l'année 1886. Il en est résulté déjà d'assez vives inquiétudes dans le public.

« L'esprit humain est ainsi fait : l'accomplissement presque à jour fixe d'une prédiction le frappe toujours vivement, que la prédiction ait été ou non fondée en raison. Là est le secret du long règne de l'astrologie judiciaire qui a bien rencontré parfois ses jours de succès. On ne se demande pas sur quoi l'auteur s'est appuyé pour formuler ses prévisions : on ne voit que la coïncidence purement fortuite qui s'est produite. Et, s'il annonce de nouvelles catastrophes, on ne doute pas qu'elles ne se réalisent à leur tour, puisque déjà une fois les dires de l'auteur se sont trouvés confirmés par l'événement. Dans la circonstance actuelle, nous

1. Voir Heer, *Flora tertiaria Helvetiæ*, 1859.

devons prévenir des inquiétudes sans fondement et ne pas permettre en tout cas qu'elles se propagent sous le couvert de l'Académie; et, puisque M. le Président a renvoyé à la même commision de la nouvelle Communication de M. Delauney, jecrois devoir prendre la parole aujourd'hui même, comme membre de cette Commission, sans attendre le retour de nos deux confrère absents, persuadé que ni M. Daubrée ni M. Tisserand ne me désapprouveront.

« Il y a longtemps que les Géologues enregistrent avec soin les tremblements de terre. Il ne se passe presque pas de jour qu'il ne s'en produise ici ou là sur notre globe. Heureusement, les grandes catastrophes, comme celles d'Ischia et de Java, sont beaucoup plus rares; il s'agit le plus souvent de simples frémissements ou de faibles ondulations, Un professeur de Dijon, M. Alexis Perrey a soupçonné que la Lune devait jouer un rôle quelconque dans ces phénomènes. Pour vérifier cette supposition, il a réuni plus de 5 000 mentions de tremblement de terre, et il en a comparé les dates avec celles où la Lune s'est trouvée en syzygie ou en quadrature avec le soleil. Il se fondait snr ce que, la Lune produisant des marées dans l'Océan' par son attraction, elle devait agir de même sur la masse interne du globe en pleine fusion ignée. De là, pensait-il, de petites poussées exercées continuellement par cette masse liquide contre la croûte solidifiée qui la recouvre. Ces petits efforts suivent la lune dans son cours comme l'onde de la marée; ils ne produiraient rien d'appréciable par eux-mêmes; mais si, en quelques points, une sorte d'équilibre instable venait à s'établir entre la pression de l'écorce et les réactions locales de la masse interne, la faible action lunaire serait peut-être capable de déterminer la rupture de cet équilibre et, par suite, de provoquer indirectement des secousses souterraines. Le résultat de ses recherches n'a pas répondu à l'attente de M. A. Perrey; toutefois son catalogue des tremblements de terre subsiste comme une mine précieuse de documents tout prêts pour d'autres recherches.

« M. J. Delauney l'a étudié à un autre point de vue. Il a cherché, et cela est parfaitement rationnel, si ces péhnomènes ne présenteraient pas des traces de retours périodiques, et il a cru y trouver, en effet, que les grands tremblements de terre revenaient à des intervalle d'à peu près douze ans ou vingt-huit ans. Et, comme ces deux périodes reproduisent grossièrement celles de Jupiter $11^a,9$ et de Saturne $29^a,5$, il en a conclu, là est évidemment l'erreur, que c'est à l'influence de ces planètes qu'il faut attribuer les tremblements de terre. Influence bien mystérieuse sans doute et totalement différente de celle que M. A. Perrey attribuait à la Lune, car si la Lune, notre très proche voisine, produit sur l'Océan des effets minimes, mais incontestables, par son attraction, il ne saurait en être de même de Jupiter et de Saturne, à cause de leur énorme éloignement.

« M. Delauney a été plus loin encore dans cette voie. Il suppose que l'influence de Jupiter se manifeste au moment où cette planète traverse l'essaim des corpuscules qui donne naissance aux étoiles filantes de la Saint-Laurent. C'est là ce qui a conduit le savant auteur à désigner 1883, 5 (le 1er ou le 2 juillet 1883) pour la date où doit débuter la période séismique qui atteindrait son maximum en 1886, 3 (21 avril 1886).

« Or quel effet pourrait produire le passage de Jupiter à travers cet essaim

d'insignifiants corpuscules? S'il existe des habitants sur cette planète, ils auraient eu, à l'époque indipuée, pendant la nuit, le spectacle d'étoiles filantes comme les nôtres au mois d'août, plus rares seulement et beaucoup moins brillantes. Se figure-t-on que ces lueurs fugitives qui traversent notre ciel à l'époque de la Saint-Laurent puissent avoir quelque influence sur nos tremblements de terre? Non sans doute. Eh bien, ce ne sont même pas ces lueurs terrestres dont M. Delauney se préoccupe, mais celles de Jupiter. Ce sont celles-là qui auraient produit les dernières catastrophes sur notre globe.

« Il y a plus. M. Delauney n'a probablement pas fait attention à la nature de l'orbite de cet essaim. Elle est telle que jamais Jupiter ne peut y pénétrer. Cet anneau, formé de débris cométaires, va bien percer quelque part, à peu près par la longitude héliocentrique de 138°, le plan de l'orbite de Jupiter, mais c'est à une distance énorme de cette planète. Partout ailleurs la forte, inclinaison de cet anneau sur l'écliptique (64°) le tient très loin de Jupiter [1]. La date de 1883, 5 est bien à peu près celle de leur plus courte distance; seulement Jupiter, au lieu de pénétrer dans l'essaim, a passé, en 1883, 5, à une distance égale à près de trois fois celle de la terre au soleil, c'est-à-dire à plus de 100 millions de lieues.

« Ainsi la coïncidence approchée de cette date avec l'un des terribles tremblements de terre de cette année est le résultat d'une méprise astronomique. Les autres prédictions de l'auteur n'ont pas plus de portée, car elles sont basées, comme la première, sur ces passages supposés des planètes par des essaims bien innocents de débris cométaires. Espérons qu'elles n'effrayeront plus personnes.

« Il faut chercher ailleurs, tout le monde en conviendra, les moyens de prévision applicables à ces terribles secousses. C'est l'observation directe des phénomènes terrestres, ce sont les études approfondies des Géologues qui, seules, nous y conduiront. On sait déjà que les grandes secousses n'arrivent pas sans donner d'avance quelques avertissements. Il y a, même pour les éruptions volcaniques, des indices prémonitoires, comme pour le choléra. On les connait depuis longtemps, surtout en Italie, et il parait bien que la catastrophe d'Ischia aurait pu être évitée ou atténuée si l'on en avait tenu compte. Là est la véritable voie, et non dans les aspects des planètés par rapport aux hôtes les plus insignifiants de l'espace céleste.

« Du reste, il faut bien le dire, M. Delauney n'est pas le seul esprit distingué qui se laisse entraîner dans la voie des analogies cosmiques. C'estlà une tendance qui semble s'accentuer de plus en plus à notre époque. Un des meilleurs types de ce genre est la tentative qui a été faite, par des savants éminents, de rattacher les taches du Soleil aux aspects des planètes, et cettre autre, qui consiste à rattacher aux tâches du Soleil les variations annuelles du nombre des faillites sur la place de Londres. Encore faut-il convenir que la transition des taches du Soleil à ces

1. Voici les éléments de l'orbite des Perséides (étoiles filantes du mois d'août) :

Distance périhélie............	0,9643
Inclinaison de l'orbite.........	64° 3′
Longitude du nœud...........	138°16′
Longitude du périhélie........	343°28′
Durée de la révolution........	124 ans environ.

faillites est bien moins hardie, moins surprenante et moins forcée que celle des passages de Jupiter par l'essaim d'août aux tremblements de terre de l'Italie ou des îles de la Sonde. »

GUIGNARD. *Sur la division du noyau cellulaire chez les végétaux.* — « On a reconnu, dans ces dernières années, que le mode de division le plus fréquent du noyau, dans les cellules végétales et animales, présente une succession de phénomènes complexes qui se passent à la fois dans le noyau et dans le protoplasme cellulaire. C'est pour indiquer le rôle du protoplasme qu'on donne parfois à ce mode de partition le nom de *division indirecte*, afin de le distinguer de la *division directe*, qui représente surtout une évolution propre du noyau.

« A part des différences d'ordre secondaire en rapport avec la nature variée des cellules observées, on pouvait prévoir qu'il ne doit pas exister, à cet égard, de différence fondamentale entre les deux règnes; aussi, botanistes et les zoologistes se sont-ils efforcés de ramener à un schéma général, unique, les divers cas observés par eux dans le domaine de la Botanique et de la Zoologie.

« Cependant, si l'on consulte les travaux les plus récents des observateurs qui se sont le plus occupés de la question, tels que M. Strasburger et M. Flemming, on constate que chacun d'eux envisage les faits d'une façon particulière et propose une explication différente. C'est ainsi que les conclusions de M. Strasburger, qui a surtout étudié la division chez les végétaux, sont répoussées sur des points essentiels par M. Flemming, dont les observations ont porté presque exclusivement sur les animaux.

« En raison de l'intérêt que cette question présente au point de vue de la biologie générale, je crois devoir faire connaître quelques-uns des résultats auxquels m'ont conduit mes observations sur les cellules végélales, comparées à celles qui ont eu pour objet les cellules animales. J'ai examiné des tissus de nature variée : cellules mères de pollen, chez des Monocotylédones et des Dicotylédones, sac embryonnaire avec noyaux en voie de multiplication, cellules d'endosperme succédant à la fécondation, parenchyme d'ovules et de parois ovariennes, etc.

Les réactifs susceptibles de différencier les éléments constitutifs du noyau et du protoplasme cellulaire montrent que le noyau à l'état de repos est formé, à l'intérieur de sa membrane d'enveloppe, d'un hyaloplasme servant de substratum à des granulations ou microsomes, qui offrent les réactions de la nucléine et son disposées sous la forme d'un réseau ou d'un filament à replis plus ou moins anastomosés, avec un ou plusieurs nucléoles sur le trajet ou simplement au contact du filament.

« On distingue les phases suivantes dans le cours de la division :

« 1. Le filament chromatique, existant dans le noyau mère au repos, ou provenant d'une modification du réseau, commence par se contracter, s'épaissir et écarter ses replis; il prend une disposition pelotonnée.

« 2. Il se coupe ensuite en segments dont le nombre varie suivant les plantes considérées et suivant les organes d'une même plante, mais paraît assez fixe pour un même organe. C'est la phase de segmentation.

« 3. Les segments isolés se comportent de façons différentes selon les cas,

avant de s'orienter autour du centre de la cellule après la disparition de la membrane nucléaire. Tantôt ils prennent la forme de bâtonnêts droits, affectuant une disposition rayonnante; tantôt ils s'incurvent en leur milieu et tournent leur angle vers le centre de la cellule et leurs extrémités vers la périphérie. C'est la phase de la plaque nucléaire de M. Strasburger, ou de l'étoile nucléaire de M. Flemming, au début de laquelle généralement apparaissent les fils achromatiques du fuseau nucléaire.

« 4. Il se fait bientôt, dans chaque bâtonnet ou segment, une division longitudinale (et non transversale, comme on l'a dit pour les végétaux), analogue à celle que plusieurs zoologistes ont vue chez les Batraciens, et qui double par conséquent le nombre des segments primitifs.

« 5. Chaque moitié des segments, devant concourir à la formation des deux noyaux-filles, tourne l'une de ses extrémités plus ou moins recourbée, ou l'angle formé par ces deux branches si la courbure se fait au milieu, dans la direction des pôles qui constituent deux nouveaux centres d'attraction autour desquels les segments dédoublés affectent une disposition rayonnante.

« 6. Après une contraction aux pôles, les segments se soudent les uns aux autres par leurs extrémités, pour reformer un filament dont les replis s'écarteront et reprendront la disposition pelotonnée du noyau mère.

« Tel est, dans ses grands traits, le schéma le plus général résultant de mes recherches.

« A la suite de ses dernières observations sur les cellules végétales et sur celles de la Salamandre, M. Strasburger a fait connaître, surtout, en ce qui concerne la plaque nucléaire, un mode de partition différent de celui que je viens d'indiquer, et de celui que Flemming et quelques autres zoologistes s'accordent à admettre chez les Batraciens; pour lui, en effet, il n'y aurait pas de division longitudinale des éléments de la plaque nucléaire.

En constatant son existence dans des cellules végétales de nature variable et en m'appuyant sur l'ensemble des phénomènes observés, je me crois autorisé, tout en confirmant sur plusieurs points les recherches du savant botaniste, à énoncer les conclusions qui précèdent et à établir par cela même un nouveau rapprochement entre les végétaux et les animaux, en montrant que chez les uns comme chez les autres les phénomènes de la vie cellulaire offrent de grandes analogies. »

Balland. *Mémoire sur les farines. Des causes de l'altération des farines.* — « *Conclusions générales.* 1. Le blé contient un ferment qui paraît se trouver au voisinage de l'embryon. Ce ferment est insoluble et possède les propriétés des ferments organisés. Il résiste à une température sèche de 100°, mais l'eau bouillante le détruit. L'eau et la chaleur sont indispensables à son évolution; une température humide de 25° lui convient particulièrement. Il porte son action sur le gluten, qu'il fluidifie.

« Par une mouture bien dirigée, ce ferment reste en grande partie dans le son; la farine en contient d'autant moins qu'elle est mieux blutée. Un frottement exagéré des meules, une trop grande vitesse de rotation, ont pour effet de faire passer le ferment en plus grande quantité dans la farine : de là les altérations que l'on

remarque dans les farines dites *échauffées* par les meules. Ces écarts sont évités dans la mouture par cylindres.

« 2. L'acidité, dans les vieilles farines, n'est pas, comme on l'a admis, la cause de la disparition du gluten; elle en est la conséquence : elle ne précède pas l'altération, elle la suit.

« 3. Le gluten semble exister dans le blé, au même titre que l'amidon; je ne crois pas qu'il résulte de l'action de l'eau sur une substance *gluténogène* particulière. Les expéreiences que l'on a invoquées à l'appui de cette hypothèse [1] peuvent s'expliquer différemment. J'ai montré que le gluten contient des quantités d'eau variables, et que certains corps, tels que le sel marin, s'opposent à sa désagrégation, tandis que d'autres, comme l'acide acétique affaibli, la rendent immédiate...

« 4. Dans les farines étuvées, le gluten subsiste avec ses propriétés. L'action du ferment est ralentie par suite du manque d'eau, mais il n'est pas détruit; il reprend son rôle dès que l'eau et la chaleur reparaissent.

« 5. Les conditions à remplir pour obtenir une longue conservation sont d'employer des blés bien sains, de préférence des blés durs; de ménager l'enveloppe du blé par une mouture bien ordonnée; de bluter les farine à un taux élevé et de les conserver dans des récipients où elles soient à l'abri de la chaleur et de l'humidité. L'administration de la Guerre vient de réaliser une partie de ces conditions, en adoptant, pour la conservation des farines dans nos places fortes, l'usage des caisses métalliques étanches. Il y aurait avantage à n'y mettre que des farines dures, obtenues par premier jet.

On a vu, au début de ce travail, que la farine panifiable de nos manutentions militaires contient toute la farine fleur, à laquelle on ajoute 12 à 18 pour 100 de gruaux remoulus, pour parfaire les taux prescrits. L'addition de ces gruaux est une source d'altérotions, mais on ne peut songer à les supprimer dans le service courant; il y aurait à la fois perte pour le trésor et perte pour le soldat, car ces gruaux sont extrêmement riches en principes nutritifs [2]. Toutefois, on pourrait retarder ces altérations en ne mélangeant les gruaux à la farine qu'au moment du besoin, au lieu de les mêler, comme on le fait, à la sortie du moulin. Il y aurait même un intérêt réel à ne conserver que la farine de premier jet et à la mélanger, au moment de la panification, avec des gruaux récemment moulus; car on sait, prr les travaux de Parmentier sur le son, qu'une telle addition aurait pour effet de rajeunir la farine ancienne. »

Séance du 17 septembre 1883.

OLIVIER et CH. RICHET. *Nouvelles observations sur les Microbes des Poissons.* « I. *Mobilité des microbes.* — Dans nos précédentes Communications sur les Bactéries

1. PELIGOT, *Chimie appliquée à l'agriculture*, p. 376. Paris, Masson; 1883.
2. C'est surtout à ces gruaux que l'on doit les qualités nutritives exceptionnelles du pain de munition. On connaît l'expérience de Magendie *(Précis élémentaire de Physiologie*, t. II, p. 504) : « Un chien mangeant à discrétion du pain de froment pur, et buvant à volonté de l'eau commune, ne vit pas au delà de cinquante jours. Un chien mangeant exclusivement du pain de munition vit très bien, et sa santé ne s'altère en aucune façon. »



de la lymphe des Poissons, nons avons noté que ces microbes sont peu mobiles. Comme la mobilité, bien constatée, est un caractère qui ne laisse prise à aucun doute sur la nature vivante des formes observées, nous nous sommes appliqués à la déterminer avec rigueur.

« Aux forts grossissements, il est difficile de discerner parmi les mouvements de petite amptitude ceux qui sont passifs, browniens, de ceux qui sont spontantes, par conséquent dus à des êtres animés. Aussi, pour écarter toute incertitude, n'avons-nous qualifié de *mobiles* que les microbes qui, parcourant avec rapidité le champ du microscope, exécutaient des mouvements alternatifs de flexion et de reptation, de manière à se porter rapidement d'un point à un autre, au milieu des particules immobiles. C'est cette *mobilité* de *translation* que nous avons cherchée avec soin; car elle constitue une preuve indiscutable de l'existence des microbes.

« A l'examen direct, il faut quelque patience pour trouver, dans les liquides des Poissons, des microbes doués de cette sorte de mobilité. Néanmoins, si l'on multiplie les observations, en explorant avec soin chaque gouttelette soumise au microscope on parvient à voir dans le liquide péritonéal, dans le liquide céphalo-rachidien, dans la lymphe péricardique et même dans le sang du cœur, des microbes manifestement mobiles. Pour arriver à les découvrir, il faut observer assidûment la même préparation sans la déplacer. Assez souvent alors on s'aperçoit que certains des *Bacillus*, qui semblaient depuis longtemps immobiles, entrent tout d'un coup en mouvement. On les voit se mettre soudain à nager dans le liquide, tandis que la position de leurs congénères reste invariable. Ils se contournent sur eux-mêmes, exécutent des mouvements de flexion, de gyration ou de translation rapide à la manière des vibrioniens. Une goutte d'acide acétique fait cesser aussitôt ce mouvement.

« Quelques observations prises parmi beaucoup d'autres [1] vont servir d'exemple :

« I. Sept *Ladus luscus*, pêchés la veille aux environs du Havre, et qui n'ont séjourné que vingt-quatre heures dans l'aquarium, sont examinés bien vivants; sur quatre individus est observée la mobilité de translation des microbes, une fois dans le liquide céphalo-rachidien, trois fois dans le liquide péritonéal. Les *Bacillus* sont d'une agilité extrême. Ils semblent flexibles et ondulent en serpentant. Par la forme seule ils ne se distinguent pas de ceux qui n'ont qu'un mouvement pendulaire.

« II. Dans le liquide péritonéal d'un *Blennius*, bien vivant et sortant de la mer, parmi des *Bacillus* immobiles très nombreux, on en voit quelquefois un qui se détache, parcourt rapidement le champ et disparaît.

« III. Sur un *Gadus luscus*, dans le sang du cœur recueilli avec précaution, se voient des *Bacillus* qui se promènent rapidement dans le champ du microscope.

« IV. Dans le liquide péritonéal d'un Merlan, il y a nombre de *Bacillus* immobiles; certains, après être restés longtemps immobiles, parcourent rapidement le champ du microscope à la manière des vibrioniens. Dans la préparation, il y a une douzaine de *Bacillus* environ qui sont doués de cette mobillité.

1. Voir aussi l'observation I que nous avons publiée dans les *Comptes rendus* (9 juillet 1883).

« Il est nécessaire de constater la mobilité. Sans ce caractère on s'exposerait souvent à confondre avec les *Bacillus* un élément nouveau que nous avons découvert dans la lymphe des Poissons, et que nous décrirons prochainement.

II. *Culture.* — Nous avons pu, dans certaines conditions, obtenir la culture des microbes de la lymphe.

« A. *Cultures autogènes liquides.* — Si l'on recueille avec toutes les précautions nécessaires de la lymphe ou du sang de poisson, ces liquides ne se putréfient pas et ne s'altèrent pas d'une manière appréciable, même après plusieurs mois. Toutefois l'observation microscopique y décède des microbes incontestables. Le maintien de la limpidité et l'absence de putréfaction ne constituent donc pas une preuve suffisante de la pureté d'une liqueur organique par rapport aux Bactéries. Nous n'insistons sur ce fait, déjà indiqué par nous [1], que parce qu'il concorde de tout point avec nos nouvelles expériences.

« B. *Cultures dans des bouillons.* — Un bouillon de bœuf, neutralisé, filtré à plusieurs reprises de manière à être parfaitement limpide, est, dans un ballon scellé, chauffé pendant quinze heures dans une étuve de 105° à 110°; le liquide reste limpide et il ne s'y forme aucun dépôt. Des quantités convenables sont introduites avec les précautions nécessaires dans des matras Pasteur stérilisés. Au bout d'un mois de séjour, ces liquides ont conservé leur transparence et leur limpidité sans formation d'aucun dépôt; ils sont alors ensemencés avec du sang ou de la lymphe recueillis comme il a été dit plus haut. Plusieurs échantillons de ce sang et de cette lymphe ont été conservés dans des pipettes tubulées; on remplit ces pipettes de bouillon stérile, et on les scelle aux deux bouts, de manière à faire des cultures presque complètement à l'abri de l'air.

« Le liquide, soit des ballons Pasteur, soit des pipettes tubulées et scellées, ne se trouble pas malgré l'ensemencement : même après plusieurs mois, le liquide est resté tout à fait clair. Cependant, dans le fond du ballon, apparaît un léger dépôt floconneux, blanchâtre, tellement minime qu'il est difficile à apercevoir. Or, au microscope, ce dépôt contient des cellules sphériques hyalines en chapelets, des *Bactériums Bacillus* qui offrent un genre spécial de mobilité de translation : c'est le plus souvent une progression lente déterminée par la flexion du corps et comparable à une sorte de reptation. Ces microbes se colorent d'une façon très intense par le violet de méthyle. Ce n'est guère que dans la dernière goutte obtenue en raclant le fond du matras qu'on peut apercevoir ces microbes. La plupart ont un mouvement de translation assez lent; mais quelquefois ils sont aussi mobiles que les vibrions les plus agiles.

« C'est surtout dans les pipettes, scellées aux deux bouts, et dans les cultures sans air, que ces microbes abondent. La goutte inférieure du liquide contient quantité de microbes mobiles.

« Après maints essais, nous avons pu réunir une douzaine d'observations précises qui, au point de vue de la méthode expérimentales employée, nous paraissent rigoureuses. Nous n'en donnerons ici, pour terminer, qu'un seul exemple.

1. Voir ce que nous avons dit à cet égard : *Microbes de la lymphe des Poisson*; *Comptes rendus*, 9 juillet 1883.

« Le liquide céphalo-rachidien d'une Limande, recueilli avec les précautions nécessaires (le 21 avril 1883), est mélangé à du bouillon stérilisé (le 21 mai), d'une part dans un tube privé d'air, d'autre part dans un matras Pasteur. Du 21 mai au 18 août, aucun trouble n'apparait dans l'un ou l'autre flacon : dans le fond est un dépôt minuscule, blanchâtre : ce nuage contient des *Bacillus* mobiles, courts, flexueux en *s*, se colorant par le violet de méthyle. Ces organismes sont manifestement plus nombreux et plus mobiles dans le tube privé d'air. On n'en trouve que dans la dernière goutte, tout le reste est sans organisme. Quelques globules lymphatiques non altérés peuvent encore s'observer. »

Le propriétaire-gérant : O. Doin.

Coulommiers. — Imp. P. BRODARD et Cie.

BUFFON

SES IDÉES, SON ROLE DANS L'HISTOIRE DES SCIENCES, SON ŒUVRE

ET LE DÉVELOPPEMENT DES SCIENCES NATURELLES DEPUIS SON ÉPOQUE *

Par J.-L. de LANESSAN

L'entreprise scientifique de Buffon était aussi vaste que son génie. Il la poursuivit pendant quarante années avec une ardeur qui n'avait d'égale que sa passion de la gloire. Sous le titre d'*Histoire naturelle, générale et particulière*, il se proposait d'étudier « tous les objets que nous présente l'univers », non seulement dans leur ensemble et en décrivant les grands groupes entre lesquels les savants les ont plus ou moins arbitrairement distribués, mais encore en scrutant les caractères extérieurs et l'organisation de chacun d'entre eux, afin de déterminer les rapports qu'ils ont les uns avec les autres. Il ne se faisait d'ailleurs aucune illusion sur l'immensité de la tâche à laquelle, parvenu déjà à l'âge de quarante ans, il allait consacrer le reste de sa vie. Les premières lignes qu'il écrit nous en fournissent le témoignage. « L'histoire naturelle, prise dans toute son étendue, dit-il [1], est une histoire immense; elle embrasse tous les objets que nous présente l'univers. Cette multitude prodigieuse de quadrupèdes, d'oiseaux, de poissons, d'insectes, de plantes, de minéraux, etc., offre à la curiosité de l'esprit humain un vaste spectacle, dont l'ensemble est si grand qu'il paraît et qu'il est en effet inépuisable dans les détails. Une seule partie de l'histoire naturelle, comme l'histoire des insectes ou l'histoire des plantes, suffit pour occuper plusieurs hommes; et les plus habiles observateurs n'ont donné, après un travail de plusieurs années, que des ébauches assez imparfaites des objets trop multipliés que présentent ces branches particulières de l'histoire naturelle, auxquelles ils s'étaient uniquement attachés. » S'il a vu la grandeur de l'entreprise, il en a également compris les difficultés.

« Le premier obstacle, dit-il [2], qui se présente dans l'étude de l'his-

*. Cette étude a été écrite pour servir d'introduction à une édition complète des œuvres de Buffon, y compris la correspondance, qui paraîtra dans quelques jours à la librairie Le Vasseur, 33, rue de Fleurus, Paris.

1. *De la manière d'étudier et de traiter l'histoire naturelle*, t. I, p. 1.

2, *Ibid.*, p. 2.

toire naturelle, vient de cette grande multitude d'objets; mais la variété de ces mêmes objets et la difficulté de rassembler les productions diverses des différents climats forment un autre obstacle à l'avancement de nos connaissances, qui paraît invincible et qu'en effet le travail seul ne peut surmonter; ce n'est qu'à force de temps, de soins, de dépenses, et souvent par des hasards heureux, qu'on peut se procurer des individus bien conservés de chaque espèce d'animaux, de plantes ou de minéraux, et former une collection bien rangée de tous les ouvrages de la nature.

« Mais lorsqu'on est parvenu à rassembler des échantillons de tout ce qui peuple l'univers, lorsque après bien des peines on a mis dans un même lieu des modèles de tout ce qui se trouve répandu avec profusion sur la terre, et qu'on jette pour la première fois les yeux sur ce magasin rempli de choses diverses, nouvelles et étrangères, la première sensation qui en résulte est un étonnement mêlé d'admiration, et la première réflexion qui suit est un retour humiliant sur nous-mêmes. On ne s'imagine pas qu'on puisse avec le temps parvenir au point de reconnaître tous ces différents objets, qu'on puisse parvenir non seulement à les reconnaître par la forme, mais encore à savoir tout ce qui a rapport à la naissance, la production, l'organisation, les usages, en un mot à l'histoire de chaque chose en particulier : cependant, en se familiarisant avec ces mêmes objets, en les voyant souvent, et, pour ainsi dire, sans dessein, ils forment peu à peu des impressions durables, qui bientôt se lient dans notre esprit par des rapports fixes et invariables; et de là nous nous élevons à des vues plus générales, par lesquelles nous pouvons embrasser à la fois plusieurs objets différents, et c'est alors qu'on est en état d'étudier avec ordre, de réfléchir avec fruit et de se frayer des routes pour arriver à des découvertes utiles ».

Quelles que fussent l'étendue et les difficultés du travail auquel Buffon allait se livrer, il était mieux placé que personne pour en mener à bonne fin, sinon la totalité, du moins une grande partie. A l'époque où Louis XV lui confia la surintendance du Jardin du Roi, les collections de minéraux, de végétaux et d'animaux réunies dans cet établissement n'étaient encore, il est vrai, que peu importantes, si on les compare à celles que renferme aujourd'hui le Muséum; elles n'en avaient pas moins une grande valeur, et elles devaient en acquérir rapidement une plus considérable encore entre les mains d'un homme que sa grande fortune et ses relations avec tous les personnages officiels de la France et de l'étranger mettaient en mesure de récompenser de façons très diverses les personnes dont il sollicitait

le concours. Il ne tarda donc pas à avoir entre les mains le « magasin de choses diverses » sans lequel le travail le plus opiniâtre eût été impuissant.

Buffon sentait la nécessité de commencer l'étude de la nature par l'histoire *particulière* de chacun des êtres et des objets innombrables qu'elle offre à notre observation, mais il n'était pas homme à s'attarder longtemps dans les études minutieuses, longues et partientes qu'exige l'observation directe des détails. Il n'ignorait pas que dans toute science l'analyse est indispensable, mais il n'avait pas l'esprit analytique. Aussi ne tarda-t-il pas à abandonner à des collaborateurs « l'histoire naturelle particulière », tandis qu'armé de leurs recherches il méditait sur les « rapports fixes et invariables » des choses, et « s'élevait à ces vues plus générales par lesquelles nous pouvons embrasser à la fois plusieurs objets différents, réfléchir avec fruit et nous frayer des routes pour arriver à des connaissances utiles. »

Le premier, il indique la nécessité de joindre à la description des caractères extérieurs des animaux, celle de leur organisation interne, et fonde l'anatomie comparée, mais il abandonne à Daubenton le soin de mettre en pratique cette conception nouvelle. Il arrive à peindre, dans un style aussi riche en couleurs que fidèle par le trait, les formes, les caractères et les mœurs des oiseaux et des quadrupèdes dont il fait l'objet de ses études; ses descriptions sont si exactes et si belles qu'il serait impossible de les mieux faire; il jouit de l'immense succès qu'elles obtiennent; il est sensible à la popularité qu'elles lui procurent; mais il se lasse vite de la précision analytique qu'elles lui imposent. A propos des oiseaux, il écrit au président de Brosses [1] quelque temps après la mort de sa femme : « Personne n'a été plus malheureux deux ans de suite : l'étude seule a été ma ressource et, comme mon cœur et ma tête éaient trop malades pour pouvoir m'appliquer à des choses difficiles, *je me suis amusé à caresser des oiseaux.* » Dès que son esprit est plus calme et plus apte à s'occuper « de choses difficiles », il cesse de caresser des oiseaux. « Je désire d'en être quitte et de ne plus travailler sur des plumes.... » écrit-il [2]. Et il s'estime heureux d'abandonner cette partie de son œuvre à Guéneau de Montbelliard et à l'abbé Bexon, pour se livrer à l'étude des minéraux; quoique ce sujet soit plus difficile il lui donne la préférence parce qu'il est « plus analogue à son goût par les belles découvertes et les grandes vues dont il est susceptible. »

L'expérimentation elle-même, après l'avoir séduit par les nouveau-

1. Le 29 septembre 1769.
2. Le 24 déc. 1779.



tés qu'elles l'avait mis en mesure de découvrir, le fatigue par les soins minutieux qu'elle exige. La grande réputation que lui valurent ses observations microscopiques sur les éléments de la génération, ses expériences sur les miroirs ardents, sur la production des métis, sur les fers, les fontes et les aciers, fut elle-même impuissante, malgré son amour très légitime de la célébrité, à le retenir devant le microscope ou le foyer de la forge.

Esprit éminemment synthétique, il aime le travail, mais non le travail d'analyse, ce *labor improbus* de l'observateur et de l'expérimentateur, qui, après une vie consumée en des efforts incessants et opiniâtres, ne laissent à la postérité que quelques faits souvent contestés, toujours perdus dans les larges flots de la synthèse scientifique qu'ils ont le rôle modeste de grossir.

Ce qu'il faut chercher dans l'œuvre scientifique de Buffon, ce n'est pas le fait particulier, c'est la mise en œuvre par son puissant et hardi génie des faits découverts par ses prédécesseurs, ses contemporains et ses collaborateurs. C'est la synthèse et non l'analyse, ce sont surtout « ces vues de l'esprit », ces hypothèses et ces systèmes que les esprits étroits dédaignent, ne les pouvant embrasser, que les intelligences médiocres sont impuissantes à concevoir, que les cerveaux légers bâtissent sur le sable, mais avec lesquels les génies de haut vol, les Leucippe, les Démocrite, les Épicure, les Lucrèce, les Descartes, les Buffon, les Lamarck, illuminent leur siècle et qu'ils transmettent, flambeaux lumineux, aux générations suivantes, pour éclairer leur marche vers la vérité.

Il n'y a pour ainsi dire pas une seule question relative à l'organisation, à l'évolution et aux fonctions des diverses formes de la matière inanimée ou vivante qui n'ait fourni à Buffon l'objet de quelque conception prophétique. Le premier, faisant sortir la terre et les autres planètes du soleil, il assigne une origine commune à toutes les parties de notre système solaire. Le premier, il rejette la croyance traditionnelle aux brusques révolutions du globe terrestre, à laquelle Cuvier devait plus tard revenir, et montre que toutes les transformations dont la terre a été le siège se sont produites sous l'influence d'actions qui se font encore sentir de nos jours; il formule ainsi, par la synthèse hardie d'un petit nombre de faits, la « théorie des causes actuelles », qu'admettent aujourd'hui presque tous les géologues. Le premier encore, il trace les grandes lignes de la doctrine du tranformisme; il établit que les espèces se transforment sous l'influence du climat, de la nourriture et des autres agents extérieurs, et ne forment que des séries gigantesques de chaînons dont

l'homme doit se résigner à n'être que le plus parfait. Il n'est pas jusqu'à la théorie de la lutte pour l'existence et de la sélection que son puissant génie n'ait devinée, cent ans avant Darwin, et formulée en termes assez nets pour qu'on lui en doive attribuer la paternité. Il y a loin de ce Buffon éclairé par la science moderne, grandi par les découvertes que ses successeurs ont accumulées, de ce Buffon trouvant la solution de la plupart des grands problèmes posés par l'étude de la nature, traçant, avec la hardiesse d'un génie qu'aucune borne ne limite, l'histoire de l'évolution de la terre, des minéraux qui la forment et des êtres vivants qui la peuplent, il y a loin, dis-je, de ce Buffon créateur de la science à celui que nos maîtres nous ont accoutumés à ne considérer que comme un styliste habile, un « grand phrasier, » n'ayant d'autres préoccupations que d'aiguiser de sa main aristocratiquement enveloppée de manchettes la plume qui écrivit l'histoire pompeuse du cheval ou du lion.

II. — *Organisation et formation du système solaire et des autres parties de l'univers. Idées de Buffon. Idées modernes.*

De tous les objets que l'univers présente à notre étude et à nos méditations l'un des plus intéressants est la terre, que nous habitons. C'est sur lui que se portent les premiers regards de Buffon, c'est par la terre que débute son *Histoire naturelle*. « L'histoire générale de la terre, dit-il [1], doit précéder l'histoire particulière de ses productions. » Mais il a soin de nous prévenir que, dans son *Histoire et théorie de la terre*, « il n'est question ni de la figure de la terre, ni de ses mouvements, ni des rapports qu'elle peut avoir à l'extérieur avec les autres parties de l'univers; c'est sa constitution intérieure, sa forme et sa matière » qu'il se propose d'examiner. C'est, en effet, à ces sujets, sur lesquels nous reviendrons plus bas, qu'il limite d'abord ses méditations. Ce n'est que comme supplément à cette « histoire générale de la terre » qu'il expose ses vues sur l'origine de notre globe [2].

C'est par l'examen de ces vues que nous commencerons l'exposé des idées de Buffon et celui des théories qui leur ont été substituées par les savants venus après lui.

Pour donner à ce difficile sujet toute la clarté désirable, il me paraît utile de rappeler d'abord ce que la science nous a révélé sur l'organisation de l'univers.

1. *Histoire et théorie de la terre.*
2. Dans l'article de la *Formation des comètes.*

Nous parlerons d'abord du système solaire, dont fait partie la terre. Ce gigantesque ensemble dont notre planète, malgré son étendue, ne représente qu'une très minime portion, se compose : 1° d'un globe central, beaucoup plus volumineux que tous les autres, le soleil; 2° de 8 planètes principales disposées à des distances inégales du soleil : Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, Mercure étant la planète la plus rapprochée de l'astre central, tandis que Neptune en est la plus éloignée; 3° de 160 petites planètes (je ne parle que de celles qu'on connaît exactement) situées entre Mars et Jupiter; 4° de 18 satellites des grandes planètes, la Terre en ayant 1, qui est la Lune, Jupiter 4, Saturne 8, Uranus 4, et Neptune 1; 5° d'un nombre immense de comètes, et de corpuscules ou météorites de dimensions très variables, cheminant entre les astres dont nous venons de parler.

Rappelons maintenant le mouvement de toutes ces parties constituantes de notre système solaire. 1° Le soleil et toutes les planètes, grandes ou petites, décrivent autour de l'axe passant par leurs pôles un mouvement de rotation dirigé de droite à gauche pour un observateur qui serait placé dans le plan de leur équateur, la tête tournée du côté de l'hémisphère nord, c'est-à-dire d'occident en orient. On sait que la terre fait un tour complet sur son axe en 24 heures; quoique nous n'en ayons aucune conscience, ce mouvement est d'une effrayante rapidité; au niveau de Paris, il est de 305 mètres par seconde ou, si l'on veut 1098 kil. par heure et 25 352 kil. par 24 heures. Helmhotz a calculé que, si le mouvement de rotation de la terre cessait brusquement, sa transformation nécessaire en chaleur suffirait pour déterminer la combustion complète de 15 sphères de houille ayant chacune les dimensions de notre globe. — 2° Chaque planète parcourt, en outre, autour du Soleil, dans un temps variable de l'une à l'autre mais fixe pour chacune d'entre elles, une orbite elliptique d'une immense étendue, dont le Soleil occupe un des foyers. Ce deuxième mouvement a reçu le nom de mouvement de translation. Sa rapidité est excessive. En 365 jours et environ 6 heures, la terre parcourt une ellipse qui mesure 930 millions de kilomètres, ce qui représente une vitesse de 29 450 mètres par seconde, beaucoup plus que la vitesse d'un boulet de canon. Neptune, dont le volume représente 84 fois celui de la Terre, parcourt en près de 165 ans une orbite qui a près de 7 milliards de lieues. Les orbites des grandes planètes, étant concentriques, sont d'autant plus grandes que la planète est plus éloignée du Soleil. Quant aux orbites des petites planètes, elles sont toutes comprises entre celle de Mars et celle de Jupiter. Chacune de ces

orbites est disposée dans un plan qui passe par le centre du Soleil et par celui de la planète; mais toutes ne sont pas dans le même plan; elles sont plus ou moins obliques par rapport à l'axe du soleil, mais toutes disposées dans une zone d'une épaisseur relativement peu considérable. — 3° Les satellites décrivent autour des planètes dont elles dépendent des orbites analogues, comprises dans le plan des orbites de leurs planètes respectives. — 4° Les comètes décrivent entre tous ces globes des ellipses immenses dont le Soleil occupe l'un des foyers et qui varient pour chacune d'étendue et de direction. — 5° Quant aux innombrables météories ou corpuscules plus petits qui voyagent parmi les grands astres du monde solaire, leur obscurité et leur faible dimension ne nous permettent pas de suivre leur marche; nous n'en avons connaissance que quand ils s'approchent assez de notre globe pour en rencontrer l'atmosphère et pour être attirés par sa masse. Leur mouvement est si rapide que, quand ils se heurtent contre notre atmosphère, ils s'enflamment et deviennent visibles pendant un certain temps sous le nom d'étoiles filantes. Quand ils se rapprochent assez de la terre pour entrer dans la limite de son attraction, ils tombent sur notre sol et nous apportent, sous le nom de bolides et d'aérolithes, le témoignage de l'existence d'autres terres semblables à la nôtre. D'où viennent ces astres minuscules et où vont-ils? Nul ne pourrait le dire avec quelque certitude. Il nous est seulement permis de supposer qu'ils proviennent de la dislocation de quelque astre vieilli, dont les éléments, dispersés dans l'espace, vont grossir d'autres astres plus jeunes. — 6° Enfin le soleil se déplace dans les espaces infinis du ciel, entraînant après lui les planètes et leurs satellites, les comètes et les météorites, et décrivant autour de quelque soleil plus volumineux et doué d'une force d'attraction plus puissante, ou bien autour d'un groupe de soleils, une orbite dont nous ignorons le tracé, mais qu'il parcourt avec une rapidité telle qu'il franchit en une seule année près de 250 millions de lieues. Il nous entraîne ainsi, actuellement, vers la constellation d'Hercule.

Malgré l'immense étendue qu'il occupe dans le ciel, notre monde solaire ne représente qu'une fraction infinitésimale de l'univers. Chacune des étoiles qui brillent dans la nuit de notre terre est un soleil analogue au nôtre, servant comme lui, selon toute probabilité, de centre à un système planétaire comparable à celui qui se meut autour de notre soleil; or le nombre des étoiles est incalculable; nous n'en pouvons voir qu'une très minime partie, et beaucoup sont situées à une telle distance de notre globe qu'il pourra parcourir toutes les

phases de son évolution avant que leur lumière soit venue le frapper.

Indépendamment des planètes, des soleils ou étoiles et des autres astres à forme définie dont nous venons de parler, il existe, dispersés dans l'immensité du ciel, des corps lumineux, que l'irrégularité de leurs contours et l'indécision de leurs limites ont fait désigner sous le nom de nébuleuses. Certaines nébuleuses sont constituées par des amas d'étoiles très rapprochées en apparence les unes des autres, tandis que d'autres sont manifestement composées d'une substance vaporeuse, qui ne s'est pas encore condensée en étoile. Assurément, ces masses énormes ne sont pas plus en repos que les étoiles et les planètes; toutes les parties constituantes de l'univers se meuvent suivant des lois précises et subissent les unes par rapport aux autres des déplacements que l'astronome peut mesurer avec autant de précision que le physicien compte les oscillations d'un pendule. Composés d'une matière qui change sans cesse de forme, mais qu'aucune puissance ne saurait ni détruire ni créer, ils parcourent, en nombre illimité, d'un mouvement éternel, un espace infini.

Après ce rapide coup d'œil jeté sur l'organisation de l'univers, il nous sera plus facile d'exposer les systèmes imaginés par Buffon, par ses prédécesseurs et ses successeurs pour expliquer l'origine et la formation de la Terre.

A l'époque de Buffon, on admettait assez généralement l'opinion émise par Leibnitz sur cette grave question. Le philosophe allemand pensait que la Terre et les autres planètes de notre système solaire avaient été jadis autant de soleils fluides, incandescents et lumineux, qui s'étaient peu à peu solidifiés et refroidis par rayonnement dans l'espace. Mais ni lui ni les adeptes de sa manière de voir ne s'étaient préoccupé de savoir ni comment s'étaient formés ni d'où provenaient tous ces soleils. C'est cette lacune de la théorie de Leibnitz que Buffon s'efforce de combler dans son mémoire sur la formation des planètes.

Buffon admet avec Leibnitz que les planètes ont été d'abord fluides, incandescentes et lumineuses, mais; allant beaucoup plus loin que le philosophe allemand, il démontre qu'elles doivent être issues du soleil autour duquel elles se meuvent, et il émet l'hypothèse qu'elles ne sont que des parcelles de cet astre détachées par le choc oblique d'une comète. « Ne peut-on pas, dit-il [1], imaginer avec quelque sorte de vraisemblance qu'une comète, tombant sur la surface du Soleil,

1. *Preuves de la théorie de la Terre*, art. I, *De la formation des planètes*, t. I.

aura déplacé cet astre, et qu'elle en aura séparé quelques petites parties auxquelles elle aura communiqué un mouvement d'impulsion dans le même sens et par un même choc, en sorte que les planètes auraient autrefois appartenu au corps du Soleil et qu'elles en auraient été détachées par une force impulsive commune à toutes, qu'elles conservent encore aujourd'hui? Cela me paraît au moins aussi probable que l'opinion de M. Leibnitz, qui prétend que les planètes et la Terre ont été des soleils; et je crois que son système aurait acquis un grand degré de généralité et un peu plus de probabilité s'il se fût élevé à cette idée. » Dans une addition à cet article, il dit encore [1] : « La matière des planètes au sortir du Soleil était aussi lumineuse que la matière même de cet astre, et les planètes ne sont devenues opaques, ou pour mieux dire obscures, que quand leur état d'incandescence a cessé.... Comme le torrent de la matière projetée par la comète hors du corps du Soleil a traversé l'immense atmosphère de cet astre, il en a entraîné les parties volatiles aériennes et aqueuses qui forment aujourd'hui les atmosphères et les mers des planètes. Ainsi l'on peut dire qu'à tout égard la matière dont sont composées les planètes est la même que celle du Soleil, et qu'il n'y a d'autre différence que par le degré de chaleur extrême dans le Soleil, et plus ou moins attiédie dans les planètes, suivant le rapport composé de leur épaisseur et de leur densité. »

Les arguments sur lesquels Buffon appuie sa théorie sont les suivants :

1° « La direction commune de leur mouvement d'impulsion qui fait que les six planètes vont toutes d'occident en orient. Il y a 64 à parier contre 1 qu'elles n'auraient pas eu ce mouvement dans le même sens, si la même cause ne l'avait pas produit, ce qu'il est aisé de prouver par la doctrine des hasards [2]. »

2° « L'inclinaison des orbites n'excède pas sept degrés en demi; car, en comparant les espaces on trouve qu'il y a 24 contre 1 pour que deux planètes se trouvent dans des plans plus éloignés, et par conséquent 24^5 ou 7 692 624 à parier contre 1 que ce n'est pas par hasard qu'elles se trouvent toutes six ainsi placées et renfermées dans l'espace de sept degrés et demi, ou, ce qui revient au même, il y a cette probabilité qu'elles ont quelque chose de commun dans le mouvement qui leur a donné cette position. Mais que peut-il y avoir de commun dans l'impression d'un mouvement d'impulsion, si ce n'est la force et la direction des corps qui le communiquent? On peut

1. *Ibid.*, t. I.
1. *Ibid.*, t. I, p. 69.

donc conclure avec une très grande vraisemblance que les planètes ont reçu leur mouvement d'impulsion par un seul coup. Cette probabilité, qui équivaut presque à une certitude, étant acquise, je cherche quel corps en mouvement a pu faire ce choc et produire cet effet, et je ne vois que les comètes capables de communiquer un aussi grand mouvement à d'aussi vastes corps [1]. »

3° « La conformité entre la densité de la matière des planètes et la densité de la matière du soleil. Nous connaissons sur la surface de la terre des matières 14 ou 15 000 fois plus denses les unes que les autres, les densités de l'or et de l'air sont à peu près dans ce rapport; mais l'intérieur de la terre et le corps des planètes sont composés de parties plus similaires et dont la densité comparée varie beaucoup moins, et la conformité de la densité de la matière des planètes et de la densité de la matière du soleil est telle que, sur 650 parties qui composent la totalité de la matière des planètes, il y en a plus de 640 qui sont presque de la même densité que la matière du soleil, et qu'il n'y a pas dix parties sur ces 650 qui soient d'une plus grande densité; car Saturne et Jupiter sont à peu près de la même densité que le Soleil, et la quantité de matière que ces deux planètes contiennent est au moins 64 fois plus grande que la quantité de matière des quatre planètes inférieures, Mars, la terre, Vénus et Mercure. On doit donc dire que la matière dont sont composées les planètes en général est à peu près la même que celle du Soleil, et que par conséquent cette matière peut en avoir été séparée [2]. »

Buffon cherche ensuite à expliquer pourquoi les planètes ont des densités différentes et pourquoi elles sont inégalement distantes du soleil. « La comète, dit-il [3], ayant par un seul coup communiqué un mouvement de projectile à une quantité de matière égale à la 650e partie de la masse du soleil, les particules les moins denses se seront séparées des plus denses et auront formé par leur attraction mutuelle des globes de différente densité; Saturne, composé des parties les plus grosses et les plus légères, se sera le plus éloigné du Soleil; ensuite Jupiter, qui est plus dense que Saturne, se sera moins éloigné, et ainsi de suite. Les planètes les plus grosses et les moins denses sont les plus éloignées, parce qu'elles ont reçu un mouvement d'impulsion plus fort que les plus petites et les plus denses; car, la force d'impulsion se communiquant par les surfaces, le même coup aura fait mouvoir les parties les plus grosses et les plus légères

1. *Ibid.*, t. I, p. 70.
2. *Ibid.*, t. I, p. 71.
3. *Ibid.*, t. I, p. 73.

de la matière du Soleil avec plus de vitesse que les parties les plus petites et les plus massives; il se sera donc fait une séparation des parties denses de différents degrés, en sorte que, la densité de la matière du Soleil étant égale à 100, celle de Saturne est égale à 67, celle de Jupiter = 94 1/2, celle de Mars = 200, celle de la Terre = 400, celle de Vénus = 800, celle de Mercure = 2 800. Mais la force d'attraction ne se communiquant pas, comme celle d'impulsion, par la surface, et agissant au contraire sur toutes les parties de la masse, elle aura retenu les portions de matières les plus denses, et c'est pour cette raison que les planètes les plus denses sont les plus voisines du Soleil, et qu'elles tournent autour de cet astre avec plus de rapidité que les planètes les moins denses, qui sont aussi les plus éloignées. »

Il prévoit qu'on lui objectera que, si les planètes ont été détachées du Soleil, elles devraient se trouver dans le même état que cet astre; « elles devraient être, comme le soleil, brûlantes et lumineuses, et non pas froides et opaques comme elles le sont[1]; or « rien ne ressemble moins à ce globe de feu qu'un globe de terre et d'eau; et, à en juger par comparaison, la matière de la terre et des planètes est tout à fait différente de celle du soleil. »

« A cela on peut répondre, dit-il[2], que, dans la séparation qui s'est faite des particules plus ou moins denses, la matière a changé de forme, et que la lumière ou le feu se sont éteints par cette séparation causée par le mouvement d'impulsion. D'ailleurs, ne peut-on pas soupçonner que, si le soleil ou une étoile brûlante et lumineuse par elle-même se mouvait avec autant de vitesse que se meuvent les planètes, le feu s'éteindrait peut-être, et que c'est par cette raison que toutes les étoiles lumieuses sont fixes et ne changent pas de lieu[3], et que ces étoiles que l'on appelle nouvelles, qui ont probablement changé de lieu, se sont éteintes aux yeux même des observateurs? Ceci se confirme par ce qu'on a observé sur les comètes : elles doivent brûler jusqu'au centre lorsqu'elles passent à leur périhélie; cependant elles ne deviennent pas lumineuses par elles-mêmes, on voit seulement qu'elles exhalent des vapeurs brûlantes dont elles laissent en chemin une partie considérable. »

Un peu plus bas[4], il ajoute : « On pourrait répondre encore que le feu ne peut pas subsister aussi longtemps dans les petites que dans

1. *Ibid.*, t. I, p. 74.
2. *Ibid.*, t. I, p. 74.
3. Buffon croyait à l'immobilité des étoiles. Nous reviendrons plus bas sur cette question.
4. *Ibid.*, t. I, p. 75.

les grandes masses, et qu'au sortir du soleil les planètes ont dû brûler pendant quelque temps, mais qu'elles se sont éteintes faute de matières combustibles, comme le soleil s'éteindra probablement par la même raison, mais dans des âges futurs et aussi éloignés des temps auxquels les planètes se sont éteintes que sa grosseur l'est de celle des planètes; quoi qu'il en soit, la séparation des parties plus ou moins denses, qui s'est faite nécessairement dans le temps que la comète a poussé hors du soleil la matière des planètes, me paraît suffisante pour rendre raison de cette extinction de leurs feux. »

Il lui reste à expliquer la formation des satellites des planètes; il le fait de la façon suivante [1] :

« L'obliquité du coup a pu être telle qu'il se sera séparé du corps de la planète principale de petites parties de matière qui auront conservé la même direction de mouvement que la planète même; ces parties se seront réunies, suivant leurs densités, à différentes distances de la planète par la force de leur attraction mutuelle, et en même temps elles auront suivi nécessairement la planète dans son cours autour du soleil en tournant elles-mêmes autour de la planète, à peu près dans le plan de son orbite. On voit bien que ces petites parties, que la grande obliquité du coup aura séparées, sont les satellites; ainsi la formation, la position et la direction des mouvements des satellites s'accordent parfaitement avec la théorie, car ils ont tous la même direction de mouvement dans les cercles concentriques autour de leur planète principale; leur mouvement est dans le même plan, et ce plan est celui de l'orbite de la planète; tous ces effets, qui leur sont communs et qui dépendent de leur mouvement d'impulsion, ne peuvent venir que d'une cause commune, c'est-à-dire d'une impulsion commune de mouvement, qui leur a été communiquée par un seul et même coup donné sous une certaine obliquité.

« Ce que nous venons de dire sur la cause du mouvement de rotation et de la formation des satellites acquerra plus de vraisemblance, si nous faisons attention à toutes les circonstances des phénomènes. Les planètes qui tournent le plus vite sur leur axe sont celles qu ont des satellites; la Terre tourne plus vite que Mars dans le rapport d'environ 24 à 15, la Terre a un satellite et Mars n'en a point; Jupiter surtout, dont la rapidité autour de son axe est 5 ou 600 fois plus grande que celle de la terre, a quatre satellites, et il y a grande appa-

1. *Ibid.*, t. I, p. 76.

rence que Saturne, qui en a cinq et un anneau, tourne encore beaucoup plus vite que Jupiter.

« On peut même conjecturer, avec quelque fondement, que l'anneau de Saturne est parallèle à l'équateur de cette planète, en sorte que le plan de l'équateur de l'anneau et celui de l'équateur de Saturne sont à peu près les mêmes; car en supposant, suivant la théorie précédente, que l'obliquité du coup par lequel Saturne a été mis en mouvement ait été fort grande, la vitesse autour de l'axe qui aura résulté de ce coup oblique aura pu d'abord être telle que la force centrifuge excédait celle de la gravité, et il se sera détaché de l'équateur de la planète une quantité considérable de matière, qui aura nécessairement pris la figure d'un anneau, dont le plan doit être à peu près le même que celui de l'équateur de la planète; et, cette partie de matière qui forme l'anneau ayant été détachée de la planète dans le voisinage de l'équateur, Saturne en a été abaissé d'autant sous l'équateur, ce qui fait que, malgré la grande rapidité que nous lui supposons autour de son axe, les diamètres de cette planète peuvent n'être pas aussi inégaux que ceux de Jupiter, qui diffèrent de plus d'une onzième partie. »

Il résume ensuite de la façon suivante [1] son hypothèse et les arguments sur lesquels il l'appuie :

« Quelque grande que soit à mes yeux la vraisemblance de ce que j'ai dit jusqu'ici sur la formation des planètes et de leurs satellites, comme chacune a sa mesure, surtout pour estimer des probabilités de cette nature, et que cette mesure dépend de la puissance qu'a l'esprit pour combiner des rapports plus ou moins éloignés, je ne prétends pas contraindre ceux qui n'en voudront rien croire. J'ai cru seulement devoir semer ces idées, parce qu'elles m'ont paru raisonnables et propres à éclaircir une matière sur laquelle on n'a jamais rien écrit, quelque important qu'en soit le sujet, puisque le mouvement d'impulsion des planètes entre au moins pour moitié dans la composition du système de l'univers, que l'attraction seule ne peut expliquer. J'ajouterai seulement, pour ceux qui voudraient nier la possibilité de mon système, les questions suivantes :

« 1° N'est-il pas naturel d'imaginer qu'un corps qui est en mouvement ait reçu ce mouvement par le choc d'un autre corps?

« 2° N'est-il pas très probable que plusieurs corps qui ont la même direction dans leur mouvement ont reçu cette direction par un seul ou par plusieurs coups dirigés dans le même sens?

1. *Epoques de la nature*, t. II, p. 27.

« 3° N'est-il pas tout à fait vraisemblable que plusieurs corps, ayant la même direction dans leur mouvement et leur position dans un même plan, n'ont pas reçu cette direction dans le même sens et cette position dans le même plan par plusieurs coups, mais par un seul et même coup ?

« 4° N'est-il pas très probable que, en même temps qu'un corps reçoit un mouvement d'impulsion, il le reçoive obliquement, et que par conséquent il soit obligé de tourner sur lui-même, d'autant plus vite que l'obliquité du coup aura été plus grande ? Si ces questions ne paraissent pas déraisonnables, le système dont nous venons de donner une ébauche cessera de paraître une absurdité. »

En admettant que les planètes sont issues du soleil et qu'elles en sont sorties à l'état d'incandescence pour se refroidir ensuite, tandis que le soleil conserve sa chaleur primitive, Buffon n'ignorait pas qu'il aurait à expliquer la persistance de la chaleur solaire ; il le fait de la façon suivante :

« Il m'a paru qu'on peut déduire la cause qui a pu produire la chaleur du soleil des effets naturels, c'est-à-dire la trouver dans la constitution du système du monde ; car le soleil ayant à supporter tout le poids, toute l'action de la force pénétrante des vastes corps qui circulent autour de lui, et ayant à souffrir en même temps l'action rapide de cette espèce de frottement intérieur dans toutes les parties de sa masse, la matière qui le compose doit être dans l'état de la plus grande division ; elle a dû devenir et demeurer fluide, lumineuse et brûlante, en raison de cette pression et de ce frottement intérieur, toujours également subsistant. Les mouvements irréguliers des taches du soleil, aussi bien que leur apparition spontanée et leur disparition, démontrent assez que cet astre est liquide, et qu'il s'élève de temps en temps à sa surface des espèces de scories ou d'écumes, dont les unes nagent irrégulièrement sur cette matière en fusion et dont quelques autres sont fixes pour un temps et disparaissent comme les premières lorsque l'action du feu les a de nouveau divisées. On sait que c'est par le moyen de quelques-unes de ces taches fixes qu'on a déterminé la durée de la rotation du soleil en vingt-cinq jours et demi.

« Or chaque comète et chaque planète forment une roue dans les rais sont les rayons de la force attractive ; le soleil est l'essieu ou le pivot commun de toutes ces différentes roues ; la comète ou la planète en est la jante mobile, et chacune contribue de tout son poids et de toute sa vitesse à l'embrasement de ce foyer général, dont le feu durera par conséquent aussi longtemps que le mouvement et la pression des vastes corps qui le produisent.

« De là ne doit-on pas présumer que, si l'on ne voit pas des planètes autour des étoiles fixes, ce n'est qu'à cause de leur immense éloignement? Notre vue est trop bornée, nos instruments trop peu puissants pour apercevoir ces astres obscurs, puisque ceux mêmes qui sont lumineux échappent à nos yeux, et que dans le nombre infini de ces étoiles nous ne connaîtrons jamais que celles dont nos instruments de longue vue pourront nous rapprocher; mais l'analogie nous indique que, étant fixes et lumineuses comme le soleil, les étoiles ont dû s'échauffer, se liquéfier, et brûler par la même cause, c'est-à-dire par la pression active des corps opaques, solides et obscurs qui circulent autour d'elles. Cela seul peut expliquer pourquoi il n'y a que les astres fixes qui soient lumineux, et pourquoi dans l'univers solaire tous les astres errants sont obscurs.

« Et la chaleur produite par cette cause devant être en raison du nombre, de la vitesse et de la masse des corps qui circulent autour du foyer, le feu du soleil doit être d'une ardeur ou plutôt d'une violence extrême, non seulement parce que les corps qui circulent autour de lui sont tous vastes, solides et mus rapidement, mais encore parce qu'ils sont en grand nombre; car, indépendamment des six planètes, de leur dix satellites et de l'anneau de Saturne, qui tous pèsent sur le soleil et de forment un volume de matière deux mille fois plus grand que celui de la terre, le nombre des comètes est plus considérable qu'on ne le croire vulgairement : elles seules ont pu suffire pour allumer le feu du soleil avant la projection des planètes et suffiraient encore pour l'entretenir aujourd'hui. »

Le lecteur a dû distinguer dans le système de Buffon deux parties distinctes. D'une part, il s'efforce de démontrer que toutes les planètes, sans en excepter la terre, offrent dans leur constitution et leurs mouvements des caractères tels que tout porte à croire qu'elles sont de même nature que le soleil et qu'elles en sont issues; d'autre part, il cherche à expliquer comment elles ont été séparées de l'astre qui aujourd'hui les éclaire et les réchauffe.

La première partie de ce système a été pleinement confirmée par les observations ultérieures. Elle constituait un immense progrès sur les opinions émises antérieurement à Buffon, même sur celle de Leibnitz. « Les planètes sont des soleils refroidis, » disait ce dernier. Buffon ajoute : « Les planètes et le soleil autour duquel elles se meuvent ont une origine commune; non seulement les planètes ont ont été des soleils, mais encore elles ont fait partie du soleil. »

Toutes les découvertes faites depuis cent ans confirment l'existence

des analogies signalées par Buffon entre le soleil et les planètes. En premier lieu, ainsi que Buffon le fait remarquer, toutes les planètes se meuvent autour de leur axe dans un même sens, qui est précisément celui dans lequel le soleil tourne sur lui-même. En second lieu, toutes suivent, dans leur mouvement de translation autour du soleil, une ellipse située dans un plan qui passe à la fois par leur centre et par celui du soleil; toutes ces ellipses ne sont pas, il est vrai, enfermées dans le même plan; mais l'écartement de leurs plans n'est pas très considérable, puisqu'il n'est au maximum que d'un peu plus de sept degrés.

Buffon est le premier qui ait vu la signification réelle de ces faits et qui en ait déduit les légitimes conséquences. La même observation s'applique aux analogies qu'il signale entre la densité des planètes et celle du soleil, et aux rapports qui existent entre la densité des planètes et leur éloignement du soleil. D'après les données les plus récentes, si l'on prend pour unité la densité de la terre, on obtient pour les autres planètes les chiffres suivants : Mercure 1,376, Vénus 0,905, Mars 0,714, Jupiter 0,243, Neptune 0,216, Uranus 0,208, Saturne 0,121. En comparant ces chiffres, on s'assure que la planète la plus dense, Mercure, est aussi la plus rapprochée du Soleil. La Terre Vénus et Mars, qui viennent à la suite dans l'ordre des densités, sont plus rapprochées du soleil que les planètes les moins denses : Jupiter, Neptune, Uranus et Saturne. On peut objecter que la densité du Soleil est moindre que celle de la Terre, de Vénus, de Mars et de Mercure, et que le contraire devrait exister s'il était vrai que les planètes les plus rapprochées du Soleil en fussent issues les dernières et dussent ainsi offrir le maximum d'analogies avec cet astre. Mais on peut répondre à cela que les planètes dont la densité est supérieure à celle du soleil sont aussi les moins volumineuses, celles qui se meuvent avec le plus de rapidité, et, par conséquent, celles qui ont dû subir la condensation et le refroidissement les plus considérables. En effet, si l'on désigne par 1 le volume de la terre, on trouve pour celui de Vénus 0,95, pour celui de Mars 0,54 et pour celui de Mercure 0,38; tandis que celui d'Uranus et celui de Neptune sont 4, celui de Saturne 9, celui de Jupiter 11, tandis que celui du Soleil est 1 279 267. D'autre part, il est démontré que la vitesse du mouvement de translations des planètes est d'autant plus grande que celles-ci sont plus rapprochées du soleil. La vitesse moyenne de Mercure est de 47 kil. par seconde, celle de Vénus est de 35 kil., celle de la Terre est de 29 kil., celle de est Mars de 24 kil., celle de Jupiter est de 13, celle de Saturne est de 10, celle d'Uranus est de 7, et celle de Neptune est de 5

seulement. Si l'on admet que la condensation et le refroidissement aient dû s'effectuer avec d'autant plus de promptitude que les planètes sont moins volumineuses et se meuvent plus rapidement, on voit que les planètes les plus rapprochées du soleil, étant les moins volumineuses et les plus rapides dans leurs courses, doivent aussi être les plus denses et doivent l'être beaucoup plus que le soleil dont le volume est énorme et dont la vitesse de translation est relativement très faible. La terre devrait, il est vrai, être moins dense que Vénus, puisque son volume et sa vitesse sont plus grands que ceux de cette dernière, et cependant c'est le contraire qui existe. Mais la différence est peu considérable, et il est bien permis de supposer que d'autres causes que la vitesse et le volume ont de nature à hâter ou à retarder la condensation et le refroidissement des planètes. Vénus est par exemple dépourvue de satellite, tandis que la Terre en possède un. N'y a-t-il pas là une cause capable d'influer sur la rapidité de la condensation de ces planètes ?

Un autre fait qui plaide en faveur de la communauté d'origine de toutes les planètes est celui de l'analogie qu'elles présentent dans leur constitution physique. Les planètes sont toutes, actuellement, à l'état solide, sinon en totalité, du moins en très grande partie, ce qui paraît indiquer qu'elles ont à peu près le même âge, car il est manifeste, ainsi que nous aurons à le dire plus bas, qu'elles ont toutes passé par la phase d'incandescence dans laquelle se trouve aujourd'hui le soleil et les étoiles. Or, de la similitude d'âge n'est-il pas permis de conclure à la communauté d'origine L'état solide dans lequel sont les planètes ne permet pas d'étudier directement leur composition chimique, comme on le fait pour le soleil, les étoiles et tous les astres incandescents ; mais on a pu s'assurer que certaines d'entre elles possèdent une atmosphère et peut-être des mers semblables ou analogues à celles de la terre. Secchi a signalé dans le spectre de Vénus l'existence de raies analogues aux raies de la vapeur d'eau de l'atmosphère terrestre, d'où il conclut non seulement à l'existence d'une atmosphère autour de cette planète, mais encore à l'identité, ou du moins à l'analogie de composition de cette atmosphère avec la nôtre. Des observations répétées et confirmées les unes par les autres démontrent l'existence, à la surface de Mars, d'une atmosphère, de nuages, de mers, de glaces semblables aux nôtres; on a cru même y découvrir la coloration caractéristique d'une végétation. A la surface de Jupiter, on a également reconnu, d'une façon positive, la présence d'une atmosphère et de nuages identiques à ceux de la terre. De recherches récentes il est permis de conclure

avec certitude que Saturne possède également une atmosphère, et l'on peut supposer qu'il existe au niveau de ses pôles des glaces analogues à celles de la Terre et de Mars. Quoique l'observation d'Uranus soit beaucoup plus difficile, à cause de la distance à laquelle nous en sommes, que celle des planètes précédentes, il résulte des recherches spectroscopiques faites pendant ces dernières années que cette planète possède une atmosphère analogue à celle de Jupiter et de Saturne. Enfin, Neptune, que sa très grande distance rend plus difficile encore à étudier, paraît être dans le même cas que les précédentes. M. Vogel dit, en effet, de son spectre qu'il « parait être identique à celui d'Uranus. »

J'ai dit plus haut que toutes les planètes semblent être parvenues au même âge. Les observations spectroscopiques faites sur l'atmosphère qui enveloppe leur surface paraît cependant indiquer que leurs portions superficielles ne sont pas exactement dans le même état. Mars et Vénus présentent une atmosphère tellement analogue à celle de la terre par sa constitution physique et probablement aussi par sa composition chimique qu'on a pu émettre avec quelque fondement l'hypothèse que ces deux planètes sont à peu près exactement du même âge que la terre et même qu'elles possèdent peut-être des êtres vivants analogues à ceux qui peuplent notre globe. Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, dont la densité est beaucoup plus faible, sont au contraire enveloppés d'une atmosphère assez différente de la nôtre pour que quelques astronomes aient cru pouvoir admettre que leurs couches les plus superficielles sont encore à l'état fluide. Si cette manière de voir était confirmée on pourrait y trouver un argument en faveur de l'opinion du mathématicien Poisson, donc nous aurons à reparler plus tard, d'après laquelle la terre et les autres planètes se seraient solidifiées et refroidies non point de la surface au centre, comme on le suppose généralement, mais, au contraire, du centre à la périphérie.

L'état d'incandescence du soleil rendant plus faciles les observations de spectroscopie, on a déjà cherché à pénétrer le secret de sa composition chimique. Or, toutes les observations faites jusqu'à ce jour permettent de croire qu'il est formé des mêmes substances qui entrent dans la composition de notre globe. Rappelons d'abord les traits principaux de la constitution physique du soleil. On ignore encore quelle est la nature de sa portion centrale, si elle est à l'état gazeux, liquide ou solide; mais tout permet de supposer qu'elle est formée par un noyau incandescent. Ce dernier est entouré d'une couche périphérique que seule nous pouvons étudier et qui est

connue sous le nom de *photosphère*. Celle-ci est manifestement formée de masses nuageuses incandescentes, mais dont il est difficile de dire avec certitude si elles sont constituées par des liquides, des gaz ou des particules solides en combustion. Peut-être ces trois sortes d'état s'y trouvent-ils réunis. En observant cette couche superficielle du soleil, on y a découvert depuis longtemps des taches à fond noir, à bord irrégulièrement découpé, brillant, et à paroi ombrée, dont la nature a été l'objet de bien des discussions. Aujourd'hui, on s'accorde généralement à admettre qu'elles sont dues à des dépressions de la couche périphérique, ou photosphère, du soleil, dépressions qui, selon les uns, n'auraient qu'une épaisseur relativement peu considérable, tandis que, d'après d'autres, elles seraient de véritables trous, perçant toute l'épaisseur de la photosphère et mettant à nu le noyau central du soleil. De la photosphère s'élèvent sans cesse des expansions irrégulières, incandescentes et très lumineuses, qui atteignent parfois une grande hauteur et que l'on désigne sous le nom de protubérances. La photosphère est entourée d'une atmosphère gazeuse, incandescente dont la portion mince est formée par les vapeurs des éléments chimiques du soleil et dont la portion superficielle, beaucoup plus épaisse, mais moins dense, se compose, en majeure partie, d'hydrogène gazeux, incandescent. Enfin, en dehors de la chromosphère, on distingue une deuxième atmosphère moins lumineuse, la couronne, constituée par de l'hydrogène incandescent et par les matières les plus légères que lancent les protubérances. Remarquons en passant que toutes les opinions émises relativement à la constitution physique du soleil s'accordent à considérer les parties les plus superficielles comme formées des substances les moins denses. La couronne et la chromosphère par exemple sont des gaz très légers, en combustion, tandis que la photosphère, en admettant même qu'elle soit formée de vapeurs, est formée par des vapeurs beaucoup plus denses que celles des deux premières couches. J'ai dit plus haut que la question la plus discutée est celle des taches; c'est aussi la plus importante. L'opinion la plus généralement admise aujourd'hui relativement à la cause qui détermine leur production est celle de Faye [1]. D'après ce savant astronome, les couches qui composent la photosphère se déplacent autour du noyau central avec une vitesse d'autant plus considérable qu'on envisage des points plus rapprochés des pôles du soleil. Cette différence de vitesse des couches qui composent la photosphère détermine « des tourbillons verticaux tout à fait analogues à ceux qui

1. Voyez *Comptes-rendus acad. des sc. de Paris*.

se produisent si aisément dans les cours d'eau partout où une cause quelconque diminue ou augmente la vitesse des tranches parallèles au sens du mouvement... Les tourbillons de la photosphère absorbent les nuages lumineux de la surface brillante, et comme ils exercent aussi, dans le sens de leur axe, une sorte d'aspiration sur les régions froides placées au-dessus, ils entraînent dans leur entonnoir évasé circulairement les matériaux refroidis de la chromosphère; de là un abaissement de température bien capable de donner l'opacité requise àu noyau obscur du tourbillon. » Les trous les plus noirs sont dus à ce que le tourbillon pénètre plus profondément dans l'épaisseur de la photosphère. Quant aux bords des taches, ils sont plus brillants que le reste du disque solaire, parce que le tourbillon y détermine une condensation des parties lumineuses de la photosphère qu'il écarte. Enfin la zone ombrée (pénombre) située entre la tache noire centrale (noyau) et les bords lumineux (facules) est produite par des granulations lumineuses que les courants ascendants amènent et qui, étant saisis par l'abaissement de température qui se produit le long des parois de l'entonnoir, s'y condensent et s'y déposent en perdant une partie de leur chaleur et de leur lumière. Pour expliquer les protubérances qui font saillie à la surface de la photosphère, Faye suppose que les masses gazeuses de la chromosphère, aspirées par les tourbillons et entraînées par eux jusqu'à une certaine profondeur dans la photosphère, remontent ensuite à la surface en surgissant sous la forme de flammes d'autant plus hautes que la force d'expension du gaz en combustion est plus grande.

Voyons maintenant quels sont les résultats qui ont été obtenus dans les recherches faites sur la composition chimique du soleil. L'importance de ces observations, l'époque relativement récente à laquelle elles ont été commencées et surtout les résultats merveilleux qu'elles ont donnés et qu'elles fournissent chaque jour rendent nécessaire de dire quelques mots des procédés employés pour les faire et des principes sur lesquels ces derniers s'appuient.

Tout le monde sait que, quand on fait passer un rayon de la lumière blanche du soleil à travers un prisme, il se décompose en sept rayons colorés : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet. En observant ces rayons, connus sous le nom de *spectre solaire*, à l'aide d'une lunette grossissante, un physicien de Münich, Fraünhofer, découvrit, en 1817, qu'ils sont coupés de distance en distance par un grand nombre de raies noires; il en compta plus de cinq cents; on en figure aujourd'hui plus de trois mille. Ces raies ont reçu, du nom de celui qui les avait vues le premier, la dénomination de raies

de Fraünhofer. Afin de préciser plus facilement leur position dans le spectre, ce dernier en avait distingué huit principales, qu'il désigna par les huit premières lettres de l'alphabet. La raie A est à l'entrée du rouge, B au milieu du rouge, C vers la fin du rouge, près de l'orangé. D est situé à peu près entre l'orangé et le vert ; E est au milieu du vert, F au milieu du bleu, G vers la fin de l'indigo, H, qui est double, à la fin du violet. Fraüenhofer et ses successeurs ne tardèrent pas à voir des raies semblables dans la lumière formée par la lune et les autres planètes, c'est-à-dire dans tous les corps qui réfléchissent la lumière du soleil. On en trouva aussi dans le spectre des étoiles, mais elles y étaient différentes et différemment disposées ; on les constata dans les spectres d'un grand nombre de lumières artificielles, et l'on ne tarda pas à s'assurer, par ces dernières observations, que les raies varient de dimension, d'éclat, de position et de nombre suivant la nature des corps qui produisaient la lumière examinée. Un autre fait très remarquable ne tarda pas à être découvert. On vit que la lumière électrique donne non pas des raies sombres, mais un certain nombre de raies lumineuses. Examinant la lumière produite par la flamme d'une lampe à alcool ou à gaz dans laquelle on fait vaporiser un métal ou un de ses sels, on vit que cette lumière ne donne pas un spectre continu, mais seulement un certain nombre de raies brillantes, séparées par des espaces obscurs, et l'on s'assura que le nombre de ces raies brillantes est constant pour un même métal et qu'elles occupent toujours la même position par rapport aux raies du spectre solaire. Dès le début de ces recherches, on imagina un instrument, le spectroscope, à l'aide duquel on pouvait examiner simultanément et superposer le spectre du soleil à celui de la lumière produite par un corps quelconque en combustion. Avec l'aide de cet appareil, on put déterminer la position des raies obscures ou brillantes des diverses lumières, par rapport à celles du spectre solaire ; on étudia le spectre d'un très grand nombre de corps, et la nature des raies de chacun d'eux devint aussi caractéristique que sa coloration, sa densité, ses réactions chimiques, etc. On vit, par exemple, que le spectre du sodium est essentiellement caractérisé par une raie jaune située exactement au niveau de la double raie D de Fraüenhofer, que le spectre du potassium est une raie rouge et une raie violette, etc. On fit d'autant plus volontiers usage de ce caractèe pour reconnaître les corps qu'il suffit de projeter une quantité infinitésimale du corps à étudier ou d'un de ses sels dans une flamme d'alcool ou de gaz pour obtenir le spectre de ce corps. La raie jaune du sodium, par exemple, est fournie par une flamme dans laquelle on

introduit la millionième partie d'un milligramme de ce métal. Enfin, un autre fait très important fut encore découvert. On vit que, si l'on fait passer une lumière de Drummond, dont le spectre est très brillant, continu et sans raies, sur le spectre solaire, à travers une flamme contenant du sodium, celle-ci, au lieu de donner la raie jaune caractéristique du sodium, fournit, exactement à la même place, une raie noire très nette et de même dimension. En répétant cette expérience avec des flammes contenant d'autres corps en combustion, on s'assura qu'il était constant et que les lumières métalliques traversées par la lumière Drummond interceptent, ou pour nous servir de l'expression des physiciens, absorbent les rayons de cette dernière, précisément au niveau des points où elles donnent, quand elles sont isolées, des raies brillantes. Ainsi la flamme du potassium, qui donne une raie rouge et une raie violette quand elle est isolée, fournit deux raies noires à leur place quand elle est traversée par la lumière de Drummond. On désigna ce phénomène sous le nom de *renversement du spectre des flammes*, et l'on en tira l'explication des raies obscures de Fraüenhofer que présente le spectre solaire. Il devint évident que le spectre solaire est ce que les physiciens appellent un « spectre d'absorption », c'est-à-dire qu'il est produit par une lumière assez intense pour que, si elle était observée seule, elle donnât un spectre continu comme celui de la lumière Drummond, mais que cette lumière traverse une autre lumière moins dense, riche en vapeurs métalliques qui absorbent une partie de ses rayons, dans des points qui donneraient des raies brillantes si l'on pouvait observer isolément deuxième lumière. La première fut attribuée à la photosphère et la seconde à la chromosphère. On considéra la lumière fournie par la chromosphère comme produite par la combustion de métaux qui donneraient des raies brillantes, si cette lumière nous parvenait seule, mais il n'en est pas ainsi; les flammes métalliques de la chromosphère sont nécessairement traversées par la lumière qu'émet la photosphère, et, cette dernière jouant le rôle de la lumière Drummond dans l'expérience citée plus haut, les raies brillantes que donnerait la chromosphère isolée se trouvent remplacées par autant de raies obscures. En partant de ce principe, il suffirait donc de comparer les raies noires du spectre solaire à celles que donnent les diverses flammes métalliques que nous pouvons produire quand elles sont traversées par la lumière Drummond, pour déterminer la nature des corps qui sont en combustions dans la chromosphère du soleil. C'est ce qu'ont fait un grand nombre d'observateurs aussi patients que sagaces : Kirchhoff, Mitscherlich, Secchi, Brewster,

Janssen, Huggins, etc. En étudiant avec le spectroscope la lumière qui nous vient du soleil tout entier, c'est-à-dire la lumière absorbante de la chromosphère traversée par la lumière plus vive de la photosphère, ces physiciens ont pu déterminer la présence dans le soleil d'un grand nombre de métaux qui entrent dans la composition de notre globe : le sodium, le baryum, le calcium, le magnésium, l'aluminium, le fer, le manganèse, le chrome, le cobalt, le nickel, le zinc, le cuivre, le titane, le cadmium, le strontium, le cérium, l'uranium, le plomb, le potassium et un métalloïde, l'hydrogène.

On a aussi essayé d'analyser isolément, par le spectroscope, la lumière de la chromosphère, celle des protubérances et celle de la couronne. On a d'abord profité pour cela des éclipses totales, pendant lesquelles, la photosphère étant cachée, la chromosphère, les protubérances et la couronne se montrent seules; puis, M. Janssen, parvenant à opérer ces recherches en temps ordinaire, les a rendues beaucoup plus commodes. D'après ce que nous avons dit plus haut, on devait s'attendre, en examinant la lumière de la chromosphère isolée, à obtenir un spectre dans lequel les raies noires du spectre ordinaire seraient remplacées par des raies brillantes. C'est, en effet, ce qui a lieu. On a ainsi reconnu l'existence dans la chromosphère des métaux suivants : sodium, baryum, magnésium, fer, manganèse, nickel, titane, cobalt, chrome, lithium, calcium, cérium, strontium, et celle de deux métalloïdes : l'hydrogène et le soufre. On regarde encore comme très probable la présence dans la chromosphère de l'oxygène, de l'azote et du chrome parmi les métalloïdes, du zinc, de l'erbium, de l'ythrium, du lanthane, du didyme, de l'iridium et du ruténium, parmi les métaux. Par l'analyse de la couronne, on a obtenu un spectre contenant quelques raies obscures, indiquant qu'elle donne en partie une lumière réfléchie venant du reste du soleil, et une raie verte qui lui est propre; on a attribué cette dernière soit à l'hydrogène, soit à l'oxygène.

En résumé, les recherches spectroscopiques faites jusqu'à ce jour sur le soleil ont révélé une analogie complète entre la composition chimique de ce corps et celle de la terre, de même que les observations relatives aux planètes indiquent une grande similitude entre elles et la terre; enfin tous ces faits plaident en faveur de l'opinion que toutes les parties constituantes du système solaire ont une origine commune.

Buffon avait donc vu juste quand il émettait l'opinion que la terre et toutes les planètes sont issues du soleil. Il nous reste à rechercher s'il était également dans le vrai ou si, au contraire, il commettait

une erreur, quand il attribuait la formation des planètes au choc oblique d'une comète contre la surface du soleil. Rappelons brièvement les traits principaux de son hypothèse : une comète rencontre le soleil, elle le frappe obliquement et détache la 650e partie de ce globe vaporeux et incandescent. La matière ainsi séparée du soleil » ne sort pas de cet astre en globes tout formés auxquels la comète aurait communiqué son mouvement d'impulsion, mais cette matière est sortie sous la forme d'un torrent[1] » composé de substances différentes et ayant des densités inégales. Tandis que ce torrent enflammé s'éloignait de sa source avec une rapidité d'autant plus grande que « le mouvement des parties antérieures était accéléré par les parties postérieures », et « que d'ailleurs l'attraction des parties antérieure sa dû aussi accélérer le mouvement des parties postérieures[2], » une division s'est opérée dans sa masse, « les particules les moins denses se seront séparées des plus denses et auront formé dans leurs attractions mutuelles des globes de différente densité[3], » parmi lesquels « les plus gros et les moins denses sont les plus éloignés, parce qu'ils ont reçu un mouvement d'impulsion plus fort que les plus petits et les plus denses[4]. » Ces corps ont conservé le-mouvement d'impulsion qu'ils avaient reçu de la comète, modifié d'un côté par l'attraction qu'exerce sur eux le soleil, de l'autre par l'accélération résultant de la poussée que les parties antérieures ont reçue des parties postérieures plus denses, et transformé en un mouvement elliptique autour du soleil. Quant aux satellites des planètes, ils ont été produits par la violence et l'obliquité du coup porté au soleil par la comète, leur mouvement elliptique étant le produit de la force de l'impulsion modifiée par l'attraction qu'exerce sur eux la planète dont ils ont été détachés. Tous ces globes se

1. *Preuves de la théorie de la terre*; *de la formation des planètes*, t. 1, p. 71.

2. *Ibid.*, t. 1, p. 71. Pour bien faire comprendre la façon dont la direction du torrent a pu être modifiée au point de vue d'acquérir le mouvement qu'ont aujourd'hui les planètes, Buffon emploie la comparaison suivante : « Supposons qu'on tirât du haut d'une montagne une balle de mousquet, et que la force de la poudre fût assez grande pour la pousser au delà du demi-diamètre de la terre, il est certain que cette balle tournerait autour du globe et reviendrait à chaque révolution passer au point d'oe elle aurait été tirée; mais si, au lieu d'une balle de mousquet, nous supposons qu'on ait tiré une fusée volante où l'action du feu serait durable et accélérerait beau coup le mouvement d'impulsion, cette fusée, ou plutôt la cartouche qui la contient, ne reviendrait pas au même point, comme la balle du mousquel, mais décrirait un orbe dont le périgée serait d'autant plus éloigné de la terre que la force d'accélération aurait été plus grande et aurait changé davantage la première direction, toutes choses étant supposées égales d'ailleurs. Ainsi, pourvu qu'il y ait eu de l'accélération dans le mouvement d'impulsion communiqué au torrent de matière par la chute de la comète, il est très possible que les planètes, qui se sont formées dans ce torrent, aient acquis le mouvement que nous leur connaissons dans des cercles ou des ellipses dont le soleil est le centre ou le foyer. » (*Ibid.*, t. I, p. 72.)

3. *Ibid.*

4. *Ibid.*

sont ensuite graduellement condensés et refroidis ; mais auparavant, sous l'action de la force centrifuge, leur matière encore fluide s'est portée vers l'équateur, qui s'est renflé, tandis que les pôles s'aplatissaient.

Le système de Buffon ne fut, il faut bien le dire, accepté par personne. Grâce à l'autorité de Leibnitz, on s'était déjà habitué, il est vrai, à considérer la terre et les autres planètes comme étant passées par une phase d'incandescence et de fluidité qui en faisait des soleils refroidis ; mais on avait en cela fait le maximum des concessions possibles à cette époque, et personne ne voulait accepter l'idée que la la terre et les planètes eussent fait partie du soleil. On traita l'hypothèse de Buffon d'invraisemblable ; on railla sa comète, on lui contesta la priorité de ses vues, mais il ne vint à la pensée de personne de distinguer dans son système les deux parties qui le composent : l'une vraie, celle qui considère les planètes comme ayant fait partie du soleil, l'autre fausse, moins importante que la première, dont elle n'est que l'explication hypothétique, celle qui attribue la séparation des planètes au choc d'une comète contre le soleil [1].

Malgré la justesse d'un certain nombre des critiques qui furent adressées à sa théorie, Buffon n'y renonça pas. Il la reproduisit même trente ans plus tard dans ses *Epoques de la nature*, sinon avec la même assurance, du moins avec une égale netteté et comme hypothèse réunissant toutes les probabilités.

« Je conviens écrit-il alors [2], que les idées de ce système peuvent paraître hypothétiques, étranges et même chimériques à tous ceux qui, ne jugeant les choses que par le rapport de leurs sens, n'ont jamais connu comment on sait que la terre n'est qu'une petite planète, renflée sur l'équateur et abaissée sous les pôles, à ceux qui ignorent comment on s'est assuré que tous les corps célestes pèsent, agissent et réagissent les uns sur les autres, comment on a pu mesurer leur grandeur, leur distance, leurs mouvements, leur pesanteur, etc. ; mais je suis persuadé que ces mêmes idées paraîtront simples, naturelles et même grandes au petit nombre de ceux qui, par des observations et des réflexions suivies, sont parvenus à connaître les lois de l'univers, et qui, jugeant des choses par leurs propres lumières, les voient sans préjugé, telles qu'elles sont, ou telles qu'elles pourraient être : car ces deux points de vue sont à peu près les mêmes ; et celui qui, regardant une horloge pour la première fois, dirait que le principe

1. Parmi les critiques qui ont été faites de la théorie de Buffon, la seule sérieuse est celle de Laplace, dans *Exposition du système du monde*. Voyez plus loin.
2. *Epoques de la nature*, t. II, p. 1.

de tous ses mouvements est un ressort, quoique ce fût un poids, ne se tromperait que pour le vulgaire et aurait aux yeux du philosophe expliqué la machine.

« Ce n'est donc pas que j'aie affirmé ni même positivement prétendu que notre terre et les planètes aient été formées nécessairement et réellement par le choc d'une comète qui a projeté hors du soleil la six cent cinquantième partie de sa masse; mais ce que j'ai voulu faire entendre, et ce que je maintiens encore comme hypothèse très probable, c'est qu'une comète qui, dans son périhélie, approcherait assez près du soleil pour en effleurer et sillonner la surface, pourrait produire de pareils effets, et qu'il n'est pas impossible qu'il se forme quelque jour de cette même manière des planètes nouvelles qui toutes circuleraient ensemble, comme les planètes actuelles, dans le même sens et presque dans un même plan, autour du soleil; des planètes qui tourneraient aussi sur elles-mêmes, et dont la matière étant, au sortir du soleil, dans un état de liquéfaction, obéirait à la force centrifuge et s'élèverait à l'équateur len s'abaissant sous les pôles; des planètes qui pourraient de même avoir des satellites en plus ou moins grand nombre, circulant autour d'elles dans le plan de leurs équateurs, et dont les mouvements seraient semblables à ceux des satellites de nos planètes : en sorte que tous les phénomènes de ces planètes possibles et idéales seraient je ne dis pas les mêmes, mais dans le même ordre et dans des rapports semblables à ceux des phénomènes des planètes réelles. Et, pour preuve, je demande seulement que l'on considère si le mouvement de toutes les planètes, dans le même sens et presque dans le même plan, ne suppose pas une impulsion commune. Je demande s'il y a dans l'univers quelques corps, excepté les comètes. qui aient pu communiquer ce mouvement d'impulsion. Je demande s'il n'est pas probable qu'il tombe de temps à autres des comètes dans le soleil, puisque celle de 1680 en a, pour ainsi dire, rasé la surface; et si par conséquent une telle comète, en sillonnant cette surface du soleil, ne communiquerait pas son mouvement d'impulsion à une certaine quantité de matière qu'elle séparerait du corps du soleil en la projetant au dehors. Je demande si, dans ce torrent de matière projetée, il ne se formerait pas des globes par l'attraction mutuelle des parties, et si ces globes ne se trouveraient pas à des distances différentes suivant la différente densité des matières, et si les plus légères ne seraient pas poussées plus loin que les plus denses par la même impulsion? Je demande si la situation de tous ces globes presque dans le même plan n'indique pas assez que le torrent projeté n'était pas d'une largeur considérable, et qu'il n'avait pour cause

qu'une seule impulsion, puisque toutes les parties de la matière dont il était composé ne se sont éloignées que très peu de la direction commune. Je demande comment et où la matière de la terre et des planètes aurait pu se liquéfier si elle n'eût pas résidé dans le corps même du soleil, et si l'on peut trouver une cause de cette chaleur et de cet embrasement du soleil autre que celle de sa charge et du frottement intérieur produit par l'action de tous ces vastes corps qui circulent autour de lui? Enfin je demande qu'on examine tous les rapports, que l'on suive toutes les vues, que l'on compare toutes les analogies sur lesquelles j'ai fondé mes raisonnements, et qu'on se contente de conclure avec moi que, si Dieu l'eût permis, il se pourrait, par les seules lois de la nature, que la terre et les planètes eussent été formées de cette même manière. »

Je ne veux pas m'attarder à discuter en détail l'hypothèse par laquelle Buffon explique comment les planètes ont été séparées du soleil. Rejetée par tous les astronomes, elle n'a qu'un intérêt purement historique, et c'est à ce titre seul que je l'ai rapportée ici, comme je ferai figurer toutes les théories importantes émises par ce penseur hardi. On a surtout objecté à l'hypothèse de Buffon le peu de probabilité qu'il y a à ce qu'une comète ait pu rencontrer le soleil dans les conditions indispensables à la production du choc oblique supposé par l'auteur et la faible densité des comètes. Il ne faudrait cependant pas exagérer l'importance de ces objections. En premier lieu, certains faits découverts pendant le cours des dernières années confirment dans une certaine mesure la possibilité de la rencontre des comètes soit avec le soleil, soit avec la terre ou avec tout autre corps céleste. S'il est vrai, comme nous aurons occasion de le montrer plus bas, que les météorites, les bolides, les étoiles filantes et les comètes soient des corps de même nature, rien n'empêche de supposer que le soleil, la terre ou tout autre astre rencontrent un jour sur la route régulière qu'ils parcourent quelque comète errante, comme ils rencontrent chaque jour des millions d'étoiles filantes. Mais, en admettant même la possibilité d'une pareille rencontre il faudrait y joindre l'obliquité nécessaire du choc, et surtout il faudrait que les comètes eussent une densité et une masse suffisante pour produire l'effet imaginé par Buffon. Or l'opinion la plus probable est que le noyau des comètes, c'est-à-dire leur partie la plus dense, est formé de corpuscules, solides peut-être, il est vrai, mais relativement peu volumineux et ne formant pas une masse continue, mais étant plus ou moins écartés les uns des autres. Le noyau des comètes, en un mot, serait, d'après cette manière de voir, des astres en poussière et non

des masses compactes. Leur rencontre avec le soleil n'aurait donc probablement d'autre résultat que de fournir à ce colosoal foyer de chaleur de nouveaux éléments de combustion.

La critique la plus complète et la plus sérieuse qui ait été faite de l'hypothèse de Buffon est due à l'illustre astronome Laplace. Je crois utile de la reproduire ici intégralement :

« Buffon, dit-il [1], est le seul que je connaisse, qui, depuis la découverte du vrai système du monde, ait essayé de remonter à l'origine des planètes et des satellites. Il supose qu'une comète, en tombant sur le soleil, en a chassé un torrent de matière qui s'est réunie au loin, en divers globes plus ou moins grands et plus ou moins éloignés de cet astre. Ces globes sont les planètes et les satellites qui, par leur refroidissement, sont devenus opaques et solides.

« Cette hypothèse satisfait aux premiers des cinq phénomènes précédents; car il est clair que tous les corps ainsi formés doivent se mouvoir à peu près dans le plan qui passait par le centre du soleil et par la direction du torrent de matière qui les a produites. Les quatre autres phénomènes me paraissent inexplicables par son moyen. A la vérité, le mouvement absolu des molécules d'une planète doit être alors dirigé dans le sens du mouvement de son centre de gravité; mais il ne s'ensuit point que le mouvement de rotation de la planète soit dirigé dans le même sens; ainsi, la terre pourrait tourner d'orient en occident et cependant, le mouvement absolu de chacune de ses molécules serait dirigé d'occident en orient. Ce que je dis du mouvement de rotation des planètes s'applique au mouvement de révolution des satellites, dont la direction, dans l'hypothèse dont il s'agit, n'est pas nécessairement la même que celle du mouvement de projection des planètes.

« Le peu d'excentricité des orbes planétaires est non seulement très difficile à expliquer dans cette hypothèse; mais ce phénomène lui est contraire. On sait, par la théorie des forces centrales, que si un corps, mu dans un orbe rentrant autour du Soleil, rase la surface de cet astre, il y reviendra constamment à chacune de ses révolutions; d'où il suit que, si les planètes avait été primitivement détachées du soleil, elles le toucheraient à chaque révolution, et leurs orbes, loin d'être circulaires, seraient fort excentriques. Il est vrai qu'un torrent de matière, chassé du soleil, ne peut pas être exactement comparé à un globe qui rase sa surface; l'impulsion que les parties de ce torrent reçoivent les unes des autres, l'attraction réciproque qu'elles exercent entre elles, peut, en changeant la direction de leurs mouve-

1. *Exposition du système du monde*, p. 298.

ments, éloigner leurs périhélies du soleil. Mais leurs orbes devraient toujours être fort excentriques, ou du moins il faudrait le hasard le plus extraordinaire pour leur donner d'aussi petites excentricités que celles des orbes planétaires. Enfin, on ne voit pas, dans l'hypothèse de Buffon, pourquoi les orbes d'environ 80 comètes déjà observées sont tous fort allongés. Cette hypothèse est donc très éloignée de satisfaire aux phénomènes précédents. Voyons s'il est possible de s'élever à leur véritable cause. »

On peut faire à l'hypothèse de Buffon une objection bien plus grave, à mon sens, que toutes celles qui lui ont été adressées : c'est qu'elle n'explique qu'un fait particulier et qu'elle nous laisse dans la nécessité de chercher d'autres hypothèses pour expliquer la formation du soleil, celle des étoiles et enfin celle des comètes elles-mêmes. Or, plus une hypothèse est particulière, moins sont nombreux les faits dont elle rend compte, et moins elle doit être considérée comme probable. Les efforts de la science moderne tendent avec raison à expliquer les phénomènes naturels par des causes à la fois aussi générales et aussi simples que possible.

Parmi celles que l'on invoque pour expliquer la formation des planètes, il en est une qui parat réunir toutes les conditions de la certitude, parce qu'elle est de nature à rendre compte non seulement de la formation de ces astres, mais encore de celle du monde solaire tout entier et des innombrables mondes stellaires qui peuplent l'immensité de l'univers.

Emise en premier lieu par Laplace, cette « théorie de l'univers » est ajourd'hui adoptée par la grande majorité des astronomes; ceux mêmes qui se refusent à la considérer comme absolument vraie reconnaissent qu'elle est plus apte que tout autre à expliquer la formation et l'évolution des mondes.

D'après cette théorie, à une époque de l'histoire du système solaire si reculée que notre imagination est presque impuissante à concevoir le nombre d'années qui nous en séparent, toutes les parties de ce vaste ensemble étaient confondues en une masse unique de substance vaporeuse, homogène, occupant tout l'espace que limitent aujourd'hui idéalement les plans des orbites planétaires. Cette immense nébuleuse avait comme diamète celui de l'orbite la plus reculée de nos planètes, Neptune, et comme épaisseur l'espace que l'imitent les plans orbitaires les plus écartés. Neptune étant situé à 1 milliard 110 millions de lieues du soleil, et son orbite étant presque circulaire, le diamètre de cette dernière était donc au minimum de 2 milliards 220 millions de lieues, ce qui donne pour la surface totale de l'orbite de Neptune

une étendue tellement considérable que les nombres seuls peuvent nous en donner une idée. C'est cette étendue qu'occupait la nébuleuse solaire dont nous avons parlé plus haut. D'autre part, le plus grand écartement qui existe entre les plans orbitaires des planètes étant d'environ 7 degrés et demi, la nébuleuse solaire avait la même épaisseur. D'abord absolument homogène dans toutes ses parties, cette gigantesque nébuleuse se refroidit peu à peu, par suite du rayonnement incessant de sa chaleur dans l'espace, et sa matière se condensa vers le centre. Elle se différencia ainsi en un noyau central entouré d'une atmosphère beaucoup moins dense. Le noyau et l'atmosphère, ayant une origine commune et se trouvant en contact direct ou pour mieux dire se confondant encore au niveau de la périphérie du noyau, conservèrent le mouvement de rotation d'occident en orient et le mouvement de translation autour de quelque astre plus volumineux que possédait la nébuleuse primitive. Le noyau devait, en se condensant de plus en plus, constituer le soleil. Le refroidissement de la totalité de la masse continuant à se produire, le rapport entre la force centrifuge qui maintenait l'écartement des molécules et la gravitation qui les rapprochait se modifiait de plus en plus à mesure que la déperdition de chaleur augmentait. A un moment donné, la force centrifuge l'emporta sur la gravitation, et la portion périphérique de l'atmosphère solaire se détacha du reste de la masse en une zone nébuleuse indépendante; mais celle-ci dut continuer à se mouvoir dans la même direction que la nébuleuse primitive, car rien n'était venu modifier cette direction. Cette zone nébuleuse, en perdant du calorique par le rayonnement, dut se condenser en un globe d'abord vaporeux, incandescent et lumineux, représentant la première phase d'évolution de la planète la plus éloignée du soleil, c'est-à-dire Neptune. Les mêmes causes continuant à exercer leur action, de nouvelles zones de vapeur se détachèrent successivement de l'atmosphère solaire, se condensèrent en globes incandescents et lumineux, d'autant plus rapprochés du noyau central qu'ils étaient de formation plus récente. Tous ces globes, étant beaucoup moins volumineux que le noyau solaire, restèrent placés sous l'influence de son attraction et conservèrent le mouvement dont leur matière constituante était animée alors qu'elle faisait partie de la nébuleuse primitive; mais ce mouvement se dédoubla en un mouvement elliptique de translation autour du soleil et en un mouvement de rotation de chaque globe autour de son axe. Comme ces deux mouvements ne faisaient que continuer le mouvement de la nébuleuse primitive, ils se fixèrent dans la

même direction que le mouvement de rotation de cette dernière.

Avant leur complète condensation, ces globes purent, à leur tour, donner naissance à des satellites qui se comportèrent à leur égard comme ils le faisaient eux-mêmes à l'égard du soleil.

Après leur isolement et leur condensation, les planètes, se trouvant formées d'une substance encore fluide ou gazeuse, durent, sous l'influence de la force centrifuge, prendre la forme qu'elles ont aujourd'hui c'est-à-dire se renfler au centre et s'aplatir au niveau des pôles. C'est un point sur lequel nous aurons à revenir plus bas.

Faut-il ne voir dans cette histoire de l'évolution du monde solaire qu'une simple légende sans fondement? ou bien, au contraire, est-elle appuyée sur des documents assez sérieux pour qu'on doive y ajouter foi?

C'est cette dernière opinion qui a prévalu parmi les astronomes; on invoque en faveur de la théorie de Laplace qu'elle est en parfait accord avec les données de la mécanique générale, qu'elle explique d'une façon aussi complète qu'il est possible de le désirer la direction et la rapidité des mouvements des planètes, leurs rapports avec le soleil, entre elles et avec leurs satillites, et qu'elle se trouve confirmée par tous les faits que la physique et l'astronomie nous ont révélés et nous révèlent encore chaque jour, ou plutôt qu'elle permet d'expliquer tous ces faits et de les relier les uns aux autres. Ajoutons qu'il nous est permis d'observer directement dans l'immensité du ciel, les phases primitives de l'évolution du monde solaire décrites par Laplace, et que la théorie de ce savant astronome est applicable non seulement à notre système planétaire mais, encore à l'univers tout entier. Ce dernier caractère constitue le plus grand de ses mérites; elle en retire la portion la plus importante peut-être des nombreuses probabilités qu'elle présente.

Je crois intéressant, au point de vue de l'histoire de la science, de placer ici sous les yeux du lecteur l'exposé fait par Laplace lui-même de la théorie que je viens de résumer :

« On a, dit-il [1], pour remonter à la cause des mouvements primitifs du système planétaire, les cinq phénomènes suivants : 1° les mouvements des planètes dans le même sens et à peu près dans un même plan; 2° les mouvements de satellites dans le même sens, à peu près dans le même plan que ceux des planètes; 3° les mouvements de rotation de ces différents corps et du soleil dans le même sens que leurs mouvements de projection et dans des plans peu différents;

1. *Exposition du système du monde*, p. 278 à 301.

4° le peu d'excentricité des orbes des planètes et des satellites; 5° enfin la grande excentricité des orbes des comètes, quoique leurs inclinaisons aient été abandonnées au hasard.

« Quelle que soit la nature de la cause qui a produit les phénomènes ci-dessus, ou dirigé les mouvements des planètes et des satellites, il faut qu'elle ait embrassé tous ces corps; et, vu la distance prodigieuse qui les sépare, elle ne peut avoir été qu'un fluide d'une immense étendue. Pour leur avoir donné dans le même sens un mouvement presque circulaire autour du soleil, il faut que ce fluide ait environné cet astre, comme une atmosphère. La considération des mouvements planétaires nous conduit donc à penser que en vertu d'une chaleur excessive, l'atmosphère du soleil s'est primitivement étendue au delà des orbes de toutes les planètes et qu'elle s'est resserrée successivement jusqu'à ses limites actuelles : ce qui peut avoir eu lieu par des causes semblables à celle qui fit briller du plus vif éclat, pendant plusieurs mois, la fameuse étoile que l'on vit tout à coup, en 1572, dans la constellation de Cassiopée.

« La grande excentricité des orbes des comètes conduit au même résultat. Elle indique évidemment la disparition d'un grand nombre d'orbes moins excentriques : ce qui suppose autour du soleil une atmosphère qui s'est étendue au delà du périhélie des comètes observables et qui, en détruisant les mouvements de celles qui l'ont traversée pendant la durée de sa grande étendue, les a réunies au soleil. Alors, on voit qu'il ne doit exister présentement que les comètes qui étaient au delà, dans cet intervalle; et, comme nous ne pouvons observer que celles qui approchent assez près du soleil, dans leur périhélie, leurs orbes doivent être fort excentriques. Mais, en même temps, on voit que leurs inclinaisons doivent offrir les mêmes inégalités que si ces corps ont été lancés au hasard, puisque l'atmosphère solaire n'a point influé sur leurs mouvements. Ainsi, la longue durée des révolutions des comètes, la grande excentricité de leurs orbes et la variété de leurs inclinaisons s'expliquent très naturellement au moyen de cette atmosphère.

« Mais comment a-t-elle déterminé les mouvements de révolution et de rotation des planètes? Si ces corps avaient pénétré dans ce fluide, sa résistance les aurait fait tomber sur le soleil; on peut donc conjecturer qu'ils ont été formés aux limites successives de cette atmosphère, par la condensation des zones qu'elle a dû abandonner dans le plan de son équateur, en se refroidissant et en se condensant à la surface de cet astre, comme on l'a vu dans le livre précédent. On peut conjecturer encore que les satellites ont été formés d'une

manière semblable par les atmosphères des planètes. Les cinq phénomènes exposés ci-dessus découlent naturellement de ces hypothèses, auxquelles les anneaux de Saturne ajoutent un nouveau degré de vraisemblance.

« Quoi qu'il en soit de cette origine du système planétaire, que je présente avec la défiance que doit inspirer tout ce qui n'est point un résultat de l'observation ou du calcul, il est certain que ses éléments sont ordonnés de manière qu'il doit jouir de la plus grande stabilité, si des causes étrangères ne viennent point la troubler. Par cela seul que les mouvements des planètes et des satellites sont presque circulaires, et dirigés dans le même sens et dans des plans peu différents, ce système ne fait qu'osciller autour d'un état moyen, dont il ne s'écarte jamais que de quantités très petites; les moyens mouvements de rotation et de révolution de ses différents corps sont uniformes, et leurs distances moyennes aux foyers des forces principales qui les animent sont constantes. Il semble que la nature ait tout disposé dans le ciel pour assurer la durée de ce système, par des vues semblables à celles qu'elle nous paraît suivre si admirablement sur la terre, pour la conservation des individus et la perpétuité des espèces. »

Parmi les phénomènes célestes qui durent inspirer à Laplace sa théorie, il faut citer en premier lieu celui qui est offert pas Saturne. Rappelons que cette planète présente, au niveau de son équateur, des anneaux concentriques dont la façon est évaluée à 65600 kilomètres et dont l'épaisseur est de 2070 kilomètres. Après avoir longtemps discuté sur leur nature, on adopte à peu près généralement aujourd'hui l'opinion de M. Hirn d'après laquelle les anneaux seraient des agrégations de corpuscules solides discontinus, de dimension peu considérable, se mouvant isolément, mais simultanément autour de Saturne, à la façon de minuscules satellites, avec des vitesses qui varient d'après la distance à laquelle ils sont placés du centre de la planète. Les astronomes s'accordent généralement, avec Laplace, à voir dans les anneaux des restes de la zone qui entourait Saturne avant qu'il se fût condensé en globe. « La distribution régulière des anneaux de Saturne autour de son centre et dans le plan de son équateur, dit Laplace, résulte naturellement de cette hypothèse et sans elle devient inexplicable; ces anneaux me paraissent être des preuves toujours subsistantes de l'extension primitive de l'atmosphère de Saturne et de ses retraites successives. » On pourait presque dire que Saturne nous présente une des phases anciennes de son évolution pour ainsi dire figée, comme un témoin irrécusable de son histoire.

Dans ces derniers temps, M. Roche[1] a complété la théorie de Laplace en résolvant un certain nombre de problèmes particuliers dont cette théorie n'avait pas encore pu fournir la solution. Faye a résumé[2] de la façon suivante les idées de M. Roche :

« M. Roche reprend l'étude du système planétaire afin de compléter l'idée de Laplace et de faire disparaître certaines objections que l'illustre auteur avait laissé subsister. Il y restait en effet certaines difficultés : le mouvement rétrograde des satellites d'Uranus et de Neptune, les anneaux de Saturne, la grande distance qui sépare la Lune de la Terre; pourquoi, entre Jupiter et Mars, cette solution de continuité déjà remarquée par Kepler dans la succession des grosses planètes? pourquoi cette multitude d'astéroïdes dont le nombre s'élève déjà à 135 et dépasse peut-être de beaucoup ce nombre déjà si grand, au lieu de la planète unique que nous devrions y voir circuler? Pourquoi, après cette espèce de hiatus dans le monde planétaire, voit-on se succéder les formations si différentes des précédentes, celles des planètes très denses à rotation lente, comme Mars, la Terre, Vénus et Mercure?

« Ces problèmes ont été traités par M. Roche à l'aide d'une conception nouvelle qu'il a tirée de ses travaux antérieurs. Laplace n'avait considéré que des anneaux abandonnés au delà de la limite où la pesanteur vers le Soleil fait équilibre à la force centrifuge. M. Roche a fait voir, par la discussion de ses surfaces de niveau, que la portion de la nébuleuse devenue libre ne vient pas seulement de l'équateur, mais d'une nappe superficielle qui s'étend beaucoup plus loin vers les deux pôles et qui se met à couler vers l'ouverture équatoriale. Or certaines parties y arrivent avec une vitesse insuffisante pour circuler extérieurement; elles rentrent dès lors dans la nébulosité en décrivant des ellipses dont l'aphélie est précisément à la limite équatoriale. Une fois cette notion admise, et elle ne peut l'être pleinement que si l'on tient compte de la rareté excessive de la nébuleuse solaire dans les régions considérées, M. Roche admet que, en vertu de la résistance du milieu, une partie de ces matériaux finissent par tomber sur le Soleil en lui restituant quelque chaleur, mais que d'autres n'éprouvent pas cet effet et perdent seulement, par leurs réactions mutuelles, leurs vitesses radiales, en conservant à peu près leurs vitesses tangentielles.

« Cette idée d'anneaux intérieurs rendus libres à leur tour par la contraction progressive de l'atmosphère génératrice donne à M. Roche

1. Roche, *Essai sur la constitution et l'origine du système solaire.*
2. *Comptes-rendus ac. sc.*, 5 nov. 1873.

l'explication de l'existence d'une partie des anneaux de Saturne dans une région où, d'après une autre loi qui lui est due, aucun satellite de même densité que la planète n'aurait pu se former.

« Bornons-nous à indiquer ici les notions originales introduites dans cette belle théorie par M. Roche.

« Egalité de durée, à l'origine, entre la rotation et la révolution de chaque masse planétaire.

« Impossibilité de la formation de satellites quelconques pendant toute la période où l'action solaire a pu maintenir cette égalité.

« Possibilité de la formation d'un ou de plusieurs satellites à partir de l'époque où le rétrécissement de la surface limite de l'atmosphère de la planète a réduit la force dirigeante de l'astre central.

« Formation d'anneaux intérieurs, à la surface limite, entièrement liée à celle des anneaux extérieurs considérés par Laplace.

« Condition pour qu'une planète ou une masse fluide puisse conserver sa figure d'équilibre, malgré l'attraction du corps central. [La distance ne doit pas tomber au-dessous des cinq quarts du quotient du diamètre de ce dernier divisé par la racine cubique de la densité du satellite.]

« Ces notions nouvelles complètent, j'ose le dire, la conception de Laplace; elles lui permettent de s'étendre jusqu'aux détails, au moyen d'une discussion analytique assez simple pour ne dérouter aucun lecteur. »

Des phases plus primitives encore d'une évolution semblable à celle que Laplace assigne à notre système solaire nous sont offertes par les nébuleuses actuelles. Quelques-unes de ces immense masses vaporeuses ont une densité à peu près uniforme dans toutes leurs parties; elles représentent la première phase d'évolution de notre système solaire; d'autres sont manifestement en voie de condensation au niveau de leur centre, tandis que les portions périphériques ont encore une densité très faible et uniforme. On peut voir dans ces dernières la deuxième phase de l'évolution de notre système, celle que dut présenter la nébuleuse dont nous sommes sortis au moment où sa portion centrale se condensait pour donner naissance au soleil. D'autres « sont annulaires et semblent destinées à formes des systèmes plus compliqués. De ces nébuleuses on peut facilement passer à celles qui se montrent composées d'un certain nombre d'étoiles ou masses condensées de matière incandescente et lumineuse noyées dans une atmophère vaporeuse d'un gigantesque diamètre. Si l'on admet l'opinion admise par quelques astronomes au sujet de la lumière zodiacale, les astres qui composent notre système solaire seraient eux aussi plongés dans une

matière vaporeuse qui représenterait des restes épars, non condensés, de la nébuleuse solaire primitive. « Si, dit Laplace, dans les zones abandonnées par l'atmosphère du soleil, il s'est trouvé des molécules trop votatiles pour s'unir entre elles ou aux autres planètes, elles doivent, en continuant de circuler autour de cet astre, offrir toutes les apparences de la lumière zodiacale, sans opposer de résistance sensible aux divers corps du système planétaire, soit à cause de leur extrême rareté, soit parce que leur mouvement est à fort peu près le même que celui des planètes qu'elles rencontrent. » Une troisième phases de cette évolution nous est offerte par les amas stellaires dont les milliers de soleils, avec les planètes qui sans doute gravitent autour d'eux, se montrent unis par des rapports fixes de position et jouissent de mouvements coordonnés.

Appliquant la théorie de Laplace à l'univers entier, nous pouvons considérer chaque amas stellaire comme résultant de la condensation, je dirais volontiers de l'individualisation des diverses parties d'une nébuleuse d'abord homogène et vaporeuse, en autant de globes incandesents et lumineux que cet amas compte d'étoiles. Chacun de ces globes ou soleils primitifs, d'abord très peu dense, s'est ensuite divisé en une sphère centrale persistant à l'état de soleil et en un nombre variable de satellites planétaires. Enfermés dans les limites de la nébuleuse qui leur a donné naissance, tous ces astres continuent à se mouvoir dans la direction qu'elle-même suivait. Les uns et les autres ont continué à se refroidir et à se condense par le rayonnement, les moins volumineux devenant les premiers solides et froids, tandis que les plus volumineux conservaient encore leur incandescence et leur éclat. La gigantesque ceinture lumineuse qui brille pendant les nuits claires dans notre ciel et que sa lumière blanchâtre a fait désigner sous le nom de voie lactée, cette ceinture formée de millions et de millions d'étoiles et dont fait partie notre système solaire tout entier, cette ceinture, dis-je, aurait été jadis, si lon admet la théorie de Laplace, une nébuleuse vaporeuse et homogène, mesurant des milliards de lieues et produisant par la condensation successive de ses diverses parties les innombrables étoiles que le télescope découvre dans sa lumière laiteuse. D'où venait cette nébuleuse, cette unité qui s'est ractionnée en une collectivité de soleils aussi nombreux que le grains de sable de nos plages? avait-elle toujours été isolée? provenait-elle du ractionnement d'une masse plus grande encore? C'est cette dernière hypothèse qui paraît la plus probable. Et sans cesse les limites du probléme se reculent, sans cesse, dans l'espace illimité du ciel, doivent se produire des transformations semblables à celles que

nous venons de décrire. Chaque jour peut-être des nébuleuses nouvelles sont produites par fractionnement de nébuleuses plus anciennes, des soleils nouveaux se forment dans des nébuleuses, des planètes se condensent dans les atmosphères des soleils, se solidifient et se refroidissent, puis, sans doute, se disloquent quand leur température est tombée au-dessous d'un certain degré, se divisant en d'innombrables fragments que d'autres astres attirent, qui s'enflamment par le frottement et qui sans doute donnent naissance à des nébuleuses nouvelles.

J'ai dit plus haut que le but suprême de la science devait être de chercher à expliquer et à relier les faits par des conceptions aussi générales que possible et que les théories rendant compte du plus grand nombre de phénomènes sont aussi les plus probables. Ai-je besoin d'ajouter qu'à ce titre la théorie de Laplace laisse si loin derrière elle celle de Buffon que c'est à peine s'il est permis de rappeler cette dernière. Il ne faut pas oublier cependant qu'à Buffon revient l'honneur d'avoir vu le premier les relations qui existent entre nos planètes et notre soleil et celui d'avoir affirmé l'origine commune de tous ces astres. La grandeur de cette conception doit faire oublier le choc de la comète. A lui aussi appartient le mérite d'avoir formulé en termes admirables la loi suprême qui régit l'univers, celle de la transformation incessante de la matière et des corps qu'elle forme. N'est-ce pas ici le lieu de rappeler l'admirable page par laquelle débutent les *Époques de la nature*, où il trace le grandiose tableau des transformations de la matière et montre à la science le champ sans limites qu'elle doit explorer?

« Comme, dans l'histoire civile, on consulte les titres, on recherche les médailles, on déchiffre les inscriptions antiques pour déterminer les époques des révolutions humaines et constater les dates des événements moraux, de même dans l'histoire naturelle, il faut fouiller les archives du monde, tirer des entrailles de la terre les vieux monuments, recueillir leurs débris, et rassembler en un corps de preuves tous les indices des changements physiques qui peuvent nous faire remonter aux différents âges de la nature. C'est le seul moyen de fixer quelques points dans l'immensité de l'espace et de placer un certain nombre de pierres numéraires sur la route éternelle du temps. Le passé est comme la distance; notre vue y décroît, et s'y perdrait de même, si l'histoire et la chronologie n'eussent placé des fanaux, des flambeaux aux points les plus obscurs; mais, malgré ces lumières de la tradition écrite, si l'on remonte à quelques siècles, que d'incertitudes dans les faits! que d'erreurs sur les causes des événements! et quelle obscurité profonde n'environne pas les temps

antérieurs à cette tradition! D'ailleurs elle ne nous a transmis que les gestes de quelques nations, c'est-à-dire les actes d'une très petite partie du genre humain; tout le reste des hommes est demeuré nul pour nous, nul pour la postérité : ils ne sont sortis de leur néant que pour passer comme des ombres qui ne laissent point de traces; et plût au ciel que le nom de tous ces prétendus héros, dont on a célébré les crimes ou la gloire sanguinaire, fût également enseveli dans la nuit de l'oubli!

« Ainsi l'histoire civile, bornée d'un côté par les ténèbres d'un temps assez voisin du nôtre, ne s'étend de l'autre qu'aux petites portions de terre qu'ont occupées successivement les peuples soigneux de leur mémoire; au lieu que l'histoire naturelle embrasse également tous les espaces, tous les temps et n'a d'autres limites que celles de l'univers.

« La nature[1] étant contemporaine de la matière, de l'espace et du temps, son histoire est celle de toutes les substances, de tous les lieux, de tous les âges; et quoiqu'il paraisse à la première vue que ses grands ouvrages ne s'altèrent ni ne changent, et que dans ses productions, même les plus fragiles et les plus passagères, elle se montre toujours et constamment la même, puisque à chaque instant ses premiers modèles reparaissent à nos yeux sous de nouvelles représentations; cependant, en l'observant de près, on s'apercevra que son cours n'est pas absolument uniforme; on reconnaîtra qu'elle admet des variations sensibles, qu'elle reçoit des altérations successives, qu'elle se prête même à des combinaisons nouvelles, à des mutations de matière et de forme; qu'enfin, autant elle paraît fixe dans son tout, autant elle est variable dans chacune de ses parties; et, si nous l'embrassons dans toute son étendue, nous ne pourrons douter qu'elle ne soit aujourd'hui très différente de ce qu'elle était au commencement et de ce qu'elle est devenue dans la succession des temps : ce sont ces changements divers que nous appelons ses époques. La nature s'est trouvée dans différents états; la surface de la terre a pris successivement des formes différentes; les cieux même ont varié, et toutes les choses de l'univers physique sont, comme celles du monde moral, dans un mouvement continuel de variations successives. Par exemple, l'état dans lequel nous voyons aujourd'hui

1. Buffon nous donne, dans cette page, une idée exacte de ce qu'il entend par ce mot, qu'on trouve à chaque instant dans son œuvre, « la nature. » Ce n'est pas une entité métaphysique, un être idéal, comme on pourrait le supposer d'après cette sorte de personnalité qu'il lui attribue souvent, c'est la matière elle-même avec ses formes variables à l'infini et se succédant sans interruption dans tous les temps et dans tous les lieux. « Son histoire est *celle de toutes les substances*, de tous les lieux, de tous les âges. »



la nature est autant notre ouvrage que le sien; nous avons su la tempérer, la modifier, la plier à nos besoins, à nos désirs; nous avons sondé, cultivé, fécondé la terre : l'aspect sous lequel elle se présente est donc bien différent de celui des temps antérieurs à l'invention des arts. L'âge d'or de la morale, ou plutôt de la Fable, n'était que l'âge de fer de la physique et de la vérité. L'homme de ce temps encore à demi sauvage, dispersé, peu nombreux, ne sentait pas sa puissance, ne connaissait par sa vraie richesse; le trésor de ses lumières était enfoui; il ignorait la force des volontés unies et ne se doutait pas que, par la société et par des travaux suivis et concertés, il viendrait à bout d'imprimer ses idées sur la face entière de l'univers.

« Aussi faut-il aller chercher et voir la nature dans ces régions nouvellement découvertes, dans ces contrées de tout temps inhabitées, pour se former une idée de son état ancien; et cet ancien état est encore bien moderne en comparaison de celui où nos continents terrestres étaient couverts par les eaux, où les poissons habitaient sur nos plaines, où nos montagnes formaient les écueils des mers : combien de changements et de différents états ont dû se succéder depuis ces temps antiques (qui cependant n'étaient pas les premiers) jusqu'aux âges de l'histoire! Que de choses ensevelies! combien d'événements entièrement oubliés! que de révolutions antérieures à la mémoire des hommes! Il a fallu une très longue suite d'observations; il a fallu trente siècles de culture à l'esprit humain, seulement pour reconnaître l'état présent des choses. La terre n'est pas encore entièrement decouverte; ce n'est que depuis peu qu'on a déterminé sa figure; ce n'est que de nos jours qu'on s'est élevé à la théorie de sa forme intérieure, et qu'on a démontré l'ordre et la disposition des matières dont elle est composée : ce n'est donc que de cet instant où l'on peut commencer à comparer la nature avec elle-même, et remonter de son état actuel et connu à quelques époques d'un état plus ancien.

« Mais comme il s'agit ici de percer la nuit des temps, de reconnaître par l'inspection des choses actuelles l'ancienne existence des choses anéanties, et de remonter par la seule force des faits subsistants à la vérité historique des faits ensevelis; comme il s'agit en un mot de juger non seulement le passé morderne, mais le passé le plus ancien, par le seul présent, et que pour nous élever jusqu'à ce point de vue nous avons besoin de toutes nos forces réunies, nous emploierons trois grands moyens : 1° les faits qui peuvent nous rapproche- de l'origine de la nature; 2° les monuments qu'on doit regarder comme les témoins de ses premiers âges; 3° les traditions qui peuvent nous donner quelque idée des âges subséquents; après quoi

nous tâcherons de lier le tout par des analogies et de former une chaîne qui, du sommet de l'échelle du temps, descendra jusqu'à nous. »

II. — Organisation et évolution de la terre. — Idées de Buffon. Idées modernes.

Après avoir déterminé hypothétiquement l'origine des planètes et de la terre, Buffon s'efforce d'établir les phases d'évolution par lesquelles ces globes ont dû passer. D'abord incandescents et lumineux comme le soleil dont ils étaient nés, ils se sont ensuite graduellement refroidis par le rayonnement dans l'espace, en prenant, sous la double influence de la force centrifuge et de la pesanteur, la forme sphéroïdale qu'ils affectent aujourd'hui. Le refroidissement et la solidification ont commencé par la surface. Telle est, en peu de mots, la première phase de l'évolution de la terre et des planètes, d'après le savant naturaliste du XVIIIe siècle. Laissons-lui la parole : « Passons, dit-il [1], au premier âge de notre univers, où la terre et les planètes ayant reçu leur forme ont pris de la consistance, et de liquides sont devenues solides. Ce changement d'état s'est fait naturellement et par le seul effet de la diminution de la chaleur : la matière qui compose le globe terrestre et les autres globes planétaires était en fusion lorsqu'ils ont commencé à tourner sur eux-mêmes; ils ont donc obéi, comme toute autre matière fluide, aux lois de la force centrifuge; les parties voisines de l'équateur, qui subissent le plus grand mouvement dans la rotation, se sont le plus élevées; celles qui sont voisines des pôles, où ce mouvement est moindre ou nul, se sont abaissées dans la proportion juste et précise qu'exigent les lois de la pesanteur, combinées avec celles de la force centrifuge, et cette forme de la terre et des planètes s'est conservée jusqu'à ce jour, et se conservera perpétuellement, quand même l'on voudrait supposer que le mouvement de rotation viendrait à s'accélérer, parce que la matière ayant passé de l'état de fluidité à celui de solidité, la cohésion des parties suffit seule pour maintenir la forme primordiale, et qu'il faudrait pour la changer que le mouvement de rotation prît une rapidité presque infinie, c'est-à-dire assez grande pour que l'effet de la force centrifuge devînt plus grand que celui de la force de cohérence. »

Dans un autre passage des *Époques de la nature* (t. II, p. 4), Buffon

1. *Epoques de la nature*, t. II, p. 32.

invoque encore à l'appui de la fluidité primitive générale de la terre sa forme sphéroïdale. « Le premier fait du renflement de la terre à l'équateur et de son aplatissement aux pôles est mathématiquement démontré et physiquement prouvé par la théorie de la gravitation et par les expériences du pendule. Le globe terrestre a précisément la figure que prendrait un globe fluide qui tournerait sur lui-même avec une vitesse que nous connaissons au globe de la terre. Ainsi la première conséquence qui sort de ce fait incontestable, c'est que la matière dont notre terre est composée était dans un état de fluidité au moment qu'elle a pris sa forme, et ce moment est celui où elle a commencé à tourner sur elle-même. Car si la terre n'eût pas été fluide, et qu'elle eût eu la même consistance que nous lui voyons aujourd'hui, il est évident que cette matière consistante et solide n'aurait pas obéi à la loi de la force centrifuge, et que, par conséquent, malgré la rapidité de son mouvement de rotation, la terre, au lieu d'être un sphéroïde renflé sur l'équateur et aplati sous les pôles, serait au contraire une sphère exacte, et qu'elle n'aurait jamais pu prendre d'autre figure que celle d'un globe parfait, en vertu de l'attraction mutuelle de toutes les parties de la matière dont elle est composée. »

L'opinion émise dans ces deux passages par Buffon est celle que tous les astronomes professent aujourd'hui. Tous aussi invoquent comme Buffon, à l'appui de cette opinion, la forme sphéroïdale de la terre. Cependant, John Herschell a eu soin de faire observer que même dans l'état où elle se trouve aujourd'hui, c'est-à-dire avec une surface solide parsemée de mers, la terre devrait prendre la forme qu'elle présente. Quelle qu'ait été à l'origine la forme de la terre, étant donnée la constitution actuelle de sa surface « il se produirait, dit-il [1] (sous l'influence de la rotation), une force centrifuge dont la tendance générale serait de contraindre les eaux, en chaque point de la surface, à s'éloigner de l'axe. On pourrait même concevoir une rotation assez rapide pour chasser tout l'Océan de la surface de la terre, comme on expulse l'eau d'un linge mouillé ; mais un tel résultat exigerait une vitesse beaucoup plus grande que celle dont il s'agit ici. Dans le cas supposé, le *poids* de l'eau suffirait pour la retenir *sur* la terre, et l'effet de la force centrifuge consisterait simplement à éloigner l'eau des pôles et à la faire refluer vers l'équateur, où elle s'accumulerait en forme de bourrelet circulaire, et où elle se trouverait retenue, contrairement à son poids et à sa tendance naturelle vers le

1. HERSCHEL, *Astronomie*, ch. III.

centre, par la pression ainsi produite. Ceci, toutefois, ne pourrait avoir lieu sans qu'il en résultât la mise à sec des régions polaires qui, alors, se trouveraient occupées par des continents élevés, tandis qu'une zone océanique entourerait l'équateur. Tel serait le premier effet, l'effet immédiat de l'état de choses supposé dans l'hypothèse en question. Voyons à présent ce qui arriverait plus tard, en laissant les choses suivre leur cours naturel.

« La mer bat continuellement les côtes de la terre ferme ; elle les ronge, et en disperse sur le fond de son bassin les particules et les fragments, à l'état de sable et de galets. Un grand nombre de faits géologiques attestent pleinement que les continents ont tous subi, à plusieurs reprises et plus ou moins, les effets de cette action ; qu'ils ont été entièrement réduits en fragments ou en poussière, submergés, puis reconstruits. La terre ferme, considérée à ce point de vue, ne justifie donc pas son attribut de fixité. Comme masse solide, elle peut résister à des forces auxquelles l'eau obéit librement ; mais lorsque, dans son état de dégradation subite ou successive, elle se trouve disséminée dans l'eau, sous forme de sable ou de limon, elle participe à tous les mouvements de ce liquide. Ainsi, dans le cours des siècles, les continents seront détruits, et leurs débris se répandront sur le fond de l'Océan, où, remplissant les cavités les plus profonces, ils tendront continuellement à rendre à la surface du noyau solide la *forme d'équilibre*. On voit donc, en admettant que la terre soit douée d'un mouvement de rotation, qu'après un laps de temps suffisant, les protubérances polaires disparaîtront graduellement, et seront transportées à l'équateur (où se trouvera *alors la mer la plus profonde*), jusqu'à ce que la terre prenne peu à peu la forme que nous lui connaissons aujourd'hui, — celle d'un ellipsoïde *aplati*. Nous sommes loin de prétendre que ce soit réellement ainsi que la terre est arrivée à prendre sa forme actuelle ; notre seul but est de montrer que telle est la figure qu'elle tend à prendre, étant soumise à un mouvement de rotation autour de son axe, et celle qu'elle prendrait, lors même qu'originairement, et en quelque sorte par erreur, elle eût été constituée de toute autre manière. »

Le savant géologue Lyell, dont la constante préoccupation est de démontrer que tous les caractères de forme et d'organisation de la terre ont pu être produits par des causes lentes et s'exerçant encore aujourd'hui, fait remarquer avec raison que Herschel a négligé l'action destructive exercée sur la terre ferme par les rivières et les fleuves, action puissante et qui s'ajoute à celle de la mer pour déplacer les matériaux solides du globe et les transporter vers l'équateur.

Il insiste aussi sur ce fait, dont nous aurons à reparler, que, même actuellement, il existe dans les couches les plus superficielles de la terre des foyers de chaleur capables de fondre des masses considérables de substances qui se sont ensuite déversées à la surface et ont été entraînées vers l'équateur. Il ajoute [1] : « Ou si, dans les régions équatoriales, il existait alors, au-dessous de l'écorce terrestre, des lacs et des mers de lave, comme il s'en trouve probablement aujourd'hui dans les Andes du Pérou, le fluide ainsi emprisonné se serait frayé une issue pour s'échapper et aurait soulevé d'une manière permanente les roches sous-jacentes. La figure d'équilibre du sphéroïde terrestre, dont le plus long diamètre excède le plus court d'environ 40 kilom., peut donc être le résultat de causes graduelles et même encore existantes, et non celui d'un état de fluidité primitive, universelle et simultanée. »

Buffon se trompait donc lorsqu'il émettait l'opinion reproduite plus haut que la forme sphéroïdale de la terre impliquait *nécessairement* un état de fluidité totale pendant lequel elle aurait revêtu cette forme. Cependant, la nature des phénomènes signalés par Herschel et leur rôle dans la détermination de la forme de la terre ne lui avaient pas échappé. Il admet, en effet, que la forme sphéroïdale prise par la terre pendant son état de fluidité s'est accentuée davantage par le transport vers l'équateur de sédiments entraînés par les eaux : « Il me paraît, dit-il [2], que dans le temps que la terre s'est formée elle a nécessairement dû prendre, en vertu de l'attraction mutuelle de ses parties et de l'action de la force centrifuge, la figure d'un sphéroïde dont les axes diffèrent d'une 230e partie ; la terre ancienne et originaire a eu nécessairement cette figure qu'elle a prise lorsqu'elle était fluide, ou plutôt liquéfiée par le feu ; mais lorsque, après sa formation et son refroidissement, les vapeurs qui étaient étendues et raréfiées, comme nous voyons l'atmosphère et la queue d'une comète, se furent condensées, elles tombèrent sur la surface de la terre et formèrent l'air et l'eau, et lorsque ces eaux qui étaient à la surface furent agitées par le mouvement du flux et reflux, *les matières furent entraînées peu à peu des pôles à l'équateur*, en sorte qu'il est possible que les parties des pôles soient abaissées d'environ une lieue, et que les parties de l'équateur se soient élevées de la même quantité. »

Il ne faut pas perdre de vue, d'ailleurs, que si la forme sphéroïdale de la terre a pu être déterminée en partie par le transport partiel de terres arrachées aux continents ou par les autres causes signalées

1. *Principes de géologie*, II, p. 259.
2. *De la formation des planètes*, t. Ier, p. 80.

par Lyell, cela n'empêche pas d'admettre qu'elle ait été d'abord entièrement fluide; cela prouve simplement que l'on peut expliquer sa forme sans être obligé de supposer, comme le dit Lyell, celle-ci soit due à une « fluidité primitive, *universelle* et simultanée ».

Nous devons maintenant examiner une question fort importante et encore très débattue parmi les géologues : celle de savoir si la terre est entièrement solide ou si, au contraire, sa partie superficielle seule est dans cet état, tandis que le centre serait encore liquide ou gazeux.

La manière de voir la plus généralement admise sur ce sujet est, dans les grandes lignes, celle qu'adoptait Buffon. Je lui laisse d'abord la parole ; je montrerai ensuite dans quelles limites ses idées ont été modifiées par les savants modernes.

« Le refroidissement de la terre et des planètes, dit-il, comme celui de tous les corps chauds, a commencé par la surface ; les matières en fusion s'y sont consolidées dans un temps assez court ; dès que le grand feu dont elles étaient pénétrées s'est échappé, les parties de la matière qu'il tenait divisées se sont rapprochées et réunies de plus près par leur attraction mutuelle ; celles qui avaient assez de fixité pour soutenir la violence du feu ont formé des masses solides ; mais celles qui, comme l'air et l'eau, se raréfient ou se volatilisent par le feu ne pouvaient faire corps avec les autres ; elles en ont été séparées dans les premiers temps du refroidissement ; tous les éléments pouvant se transmuer et se convertir, l'instant de la consolation des matières fixes fut aussi celui de la plus grande conversion des éléments et de la production des matières volatiles : elles étaient réduites en vapeurs et dispersées au loin, formant autour des planètes une espèce d'atmosphère semblable à celle du soleil ; car on sait que le corps de cet astre en feu est environné d'une sphère de vapeurs qui s'étend à des distances immenses, et peut-être jusqu'à l'orbe de la terre [1]. L'existence réelle de cette atmosphère solaire est démontrée par un phénomène qui accompagne les éclipses totales du soleil. La lune en couvre alors à nos yeux le disque tout entier ; et néanmoins l'on voit encore un limbe ou grand cercle de vapeurs dont la lumière est assez vive pour nous éclairer à peu près autant que celle de la lune : sans cela, le globle terrestre serait plongé dans l'obscurité la plus profonde pendant la durée de l'éclipse totale. On a observé que cette atmosphère solaire est plus dense dans ses parties voisines du soleil, et qu'elle devient d'autant plus rare et plus transparente qu'elle s'étend

1. A l'époque de Buffon, on avait émis l'idée que la lumière zodiacale était due à l'atmosphère du soleil.



et s'éloigne davantage du corps de cet astre de feu : l'on ne peut donc pas douter que le soleil ne soit environné d'une sphère de matières aqueuses, aériennes et volatiles [1], que sa violente chaleur tient suspendues et reléguées à des distances immenses, et que dans le moment de la projection des planètes le torrent des matières fixes sorties du corps du soleil n'ait, en traversant son atmosphère, entraîné une grande quantité de ces matières volatiles dont elle est composée : et ce sont ces mêmes matières volatiles, aqueuses et aériennes, qui ont ensuite formé les atmosphères des planètes, lesquelles étaient semblables à l'atmosphère du soleil tant que les planètes ont été, comme lui, dans un état de fusion ou de grande incandescence [2].

« Toutes les planètes n'étaient donc alors que des masses de verre liquide, environnées d'une sphère de vapeurs. Tant qu'a duré cet état de fusion, et même longtemps après, les planètes étaient lumineuses par elles-mêmes, comme le sont tous les corps en incandescence; mais à mesure que les planètes prenaient de la consistance, elles perdaient de leur lumière : elles ne devinrent tout à fait obscures qu'après s'être consolidées jusqu'au centre, et longtemps après la consolidation de leur surface, comme l'on voit dans une masse de métal fondu la lumière et la rougeur subsister très longtemps après la consolidation de sa surface. Et dans ce premier temps, où les planètes brillaient de leurs propres feux, elles devaient lancer des rayons, jeter des étincelles, faire des explosions, et ensuite souffrir, en se refroidissant, différentes ébullitions à mesure que l'eau, l'air et les autres matières qui ne peuvent supporter le feu retombaient à leur surface : la production des éléments, et ensuite leur combat, n'ont pu manquer de produire des inégalités, des aspérités, des profondeurs, des hauteurs, des cavernes à la surface et dans les premières couches de l'intérieur de ces grandes masses ; et c'est à cette époque que l'on doit rapporter la formation des plus hautes montagnes de la terre, de celles de la lune et de toutes les aspérités ou inégalités qu'on aperçoit sur les planètes.

« Représentons-nous l'état et l'aspect de notre univers dans son

1. J'ai déjà eu l'occasion de rappeler (p. 403) que, d'après les recherches spectroscopiques faites pendant ces dernières années, la chromosphère et la couronne du soleil sont formées de gaz incandescents, particulièrement d'hydrogène, et non de matières aqueuses comme le dit Buffon. Mais rien n'empêche d'admettre que l'hydrogène et l'oxygène qui, sans doute, existaient dans l'atmosphère des planètes, se soient combinés pour former de l'eau à la surface de ces astres quand ils ont été suffisamment refroidis.

2. On doit remarquer la façon dont Buffon explique ici l'origine de l'atmosphère et de l'eau qui enveloppent la terre. Il suppose que l'air et l'eau ont été enlevés au soleil autour duquel ils préexistaient avant la séparation des planètes. Cette opinion n'est pas admissible. La température du soleil, même actuelle, est trop élevée pour qu'on puisse supporter la présence dans la couronne ou dans la chromosphère de vapeurs d'eau et d'air. Ces corps n'ont pu se former à la surface de la terre qu'après son refroidissement. Nous reviendrons plus bas sur cette question.



premier âge : toutes les planètes nouvellement consolidées à la surface étaient encore liquides à l'intérieur, et lançaient au dehors une lumière très vive ; c'étaient autant de petits soleils détachés du grand, qui ne lui cédaient que par le volume, et dont la lumière et la chaleur se répandaient de même : ce temps d'incandescence a duré tant que la planète n'a pas été consolidée jusqu'au centre, c'est-à-dire environ 2,936 ans pour la terre, 644 ans pour la lune, 2,127 ans pour Mercure, 1,130 ans pour Mars, 3,596 ans pour Vénus, 5,140 ans pour Saturne, et 9,433 ans pour Jupiter. »

Buffon pousse, on le voit, la hardiesse de ses vues jusqu'à calculer le temps qui a été nécessaire pour que le refroidissement de chaque planète ait pu s'effectuer. Je n'ai pas besoin d'insister sur ces calculs, qui manquent manifestement de base.

Je me borne à résumer son opinion sur l'évolution de notre globe. D'abord incandescent, il s'est refroidi et solidifié de la surface au centre. Aujourd'hui sa surface est froide, mais son centre est encore chaud. Tandis que la solidification s'effectuait, des irrégularités de toutes sortes se produisaient dans sa surface, des cavernes se creusaient et des montagnes émergeaient, et les matières les plus volatiles « qui ne peuvent supporter le feu, » l'eau et l'air notamment, étaient séparées de la masse incandescente et rejetées au dehors. Buffon précise mieux, dans une autre page des *Époques de la nature*[1], la séparation de ce qu'il appelle « les matières volatiles » et la formation de l'atmosphère : « Tant que la chaleur excessive a duré, il s'est fait une séparation et même une projection de toutes les parties volatiles, telles que l'eau, l'air et les autres substances que la grande chaleur chasse au dehors et qui ne peuvent exister que dans une région plus tempérée que ne l'était alors la surface de la terre. Toutes ces matières volatiles s'étendaient donc autour du globe en forme d'atmosphère à une grande distance où la chaleur était moins forte, tandis que les matières fixes, fondues et vitrifiées, s'étant consolidées, formèrent la roche intérieure du globe et le noyau des grandes montagnes, dont les sommets, les masses intérieures et les bases, sont en effet composés de matières vitrescibles. »

Si on laisse de côté les détails, on peut dire que sur ces questions la science n'a pas beaucoup modifié l'opinion exprimée par Buffon. La plupart des géologues croient encore comme Buffon que la terre s'est refroidie de la périphérie au centre, que sa portion centrale est encore à une température très élevée, que l'eau et l'air se sont séparés des parties solides du globe lorsqu'il a commencé à se refroidir. Pendant

1. Voyez t. II, p. 40.

longtemps même, on a pensé, comme Buffon, que certaines montagnes ou, du moins, leur « noyau, » pour employer l'expression du savant naturaliste, dataient de l'époque où la croûte du globe était encore en fusion. Si cette opinion n'a plus cours, on admet du moins généralement qu'un grand nombre d'aspérités rocheuses de notre globe ont été poussées au dehors par éruption et proviennent des portions centrales encore en fusion de la terre.

Il importe d'examiner avec soin chacune de ces questions.

Relativement à la direction dans laquelle s'est fait le refroidissement de notre globe et à l'existence d'un noyau terrestre encore en fusion, on peut dire que presque tous les géologues sont du même avis que Buffon, c'est-à-dire admettent que la terre s'est d'abord refroidie à la périphérie, et que son centre est encore composé de matières en fusion. Les motifs invoqués à l'appui de cette manière de voir sont à peu près ceux que faisait valoir Buffon. En premier lieu, l'élévation graduelle de la température à mesure qu'on pénètre davantage dans la profondeur du sol. Buffon dit à cet égard[1] : « La surface de la terre est plus refroidie que son intérieur. Des expériences certaines et réitérées nous assurent que la masse entière du globe a une chaleur propre et tout à fait indépendante de celle du soleil. Cette chaleur nous est démontrée par la comparaison de nos hivers à nos étés[2]; et on la reconnaît d'une manière encore plus palpable dès qu'on pénètre au dedans de la terre; elle est constante en tous lieux pour chaque profondeur, et elle paraît augmenter à mesure que l'on descend. Mais que sont nos travaux en comparaison de ceux qu'il faudrait faire pour reconnaître les degrés successifs de cette chaleur intérieure dans les profondeurs du globe! Nous avons fouillé les montagnes à quelques centaines de toises pour en tirer les métaux; nous avons fait dans les plaines des puits de quelques centaines de pieds : ce sont là nos plus grandes excavations, ou plutôt nos fouilles les plus profondes; elles effleurent à peine la première écorce du globe, et néanmoins la chaleur intérieure y est déjà plus sensible qu'à la surface: on doit donc présumer que si l'on pénétrait plus avant, cette chaleur serait plus grande, et que les parties voisines du centre de la terre sont plus chaudes que celles qui en sont éloignées, comme l'on voit, dans un boulet rougi au feu, l'incandescence se conserver dans les parties

1. *Epoques de la nature*, t. II, p. 5.

2. Buffon était convaincu que la chaleur du soleil n'exerce, à la surface même de la terre, qu'une influence peu considérable relativement à celle de la chaleur intérieure du globe. C'est pour cela qu'il attribue les saisons à cette dernière. Il commettrait encore une erreur sur laquelle nous aurons à revenir plus bas.

voisines du centre longtemps après que la surface a perdu cet état d'incandescence et de rougeur. »

Dans une addition à ce passage de ses *Époques de la nature*, Buffon cite les observations de Gensanne, d'Eller, de Dortous de Mairan, relatives à l'élévation de la température dans les mines.

Depuis la fin du XVIIIe siècle, un très grand nombre d'expériences ont été faites pour établir la quantité dont s'élève la température à mesure que l'on s'enfonce dans le sol, non seulement dans les mines, mais encore dans les puits artésiens, dont quelques-uns atteignent à une grande profondeur et fournissent par suite d'excellents éléments d'étude.

On a d'abord déterminé la profondeur à laquelle les rayons du soleil font sentir leur action calorifique, et l'on s'est assuré qu'au delà de 20 à 25 mètres cette action est tout à fait nulle. Des thermomètres placés dans les caves de l'Observatoire de Paris, à une profondeur de 29 mètres, marquent une température de 11°, 7 C., tellement constante, que ses variations annuelles elles-mêmes ne sont pas appréciables. « Il est démontré par l'expérience, dit Buffon [1], que la lumière du soleil ne pénètre qu'à six cents pieds à travers l'eau la plus limpide, et que, par conséquent, sa chaleur n'arrive peut-être pas au quart de cette épaisseur, c'est-à-dire à cent cinquante pieds : ainsi toutes les eaux qui sont au-dessous de cette profondeur seraient glacées sans la chaleur intérieure de la terre, qui, seule, peut entretenir leur liquidité. Et de même, il est encore prouvé par l'expérience que la chaleur des rayons solaires ne pénètre pas à quinze ou vingt pieds dans la terre, puisque la glace se conserve à cette profondeur pendant les étés les plus chauds. »

Quand on descend au-dessous du point à température fixe, on voit au contraire le thermomètre s'élever d'autant plus que l'on pénètre plus avant dans les entrailles de la terre, sans que les variations de la température extérieure aient sur lui aucune action. On avait cru d'abord que l'élévation était la même pour une profondeur déterminée dans tous les points du globe; on voyait dans ce fait un argument nouveau en faveur de l'existence d'un foyer central de chaleur se faisant également sentir dans tous les points de la sphère terrestre, et l'on admettait que le thermomètre s'élevait de 1° C. par chaque 31 mètres, en moyenne. Des recherches plus précises n'ont pas tardé à montrer, au contraire, que le *degré de profondeur géothermique*, c'est-à-dire le nombre de mètres nécessaires pour obtenir une élévation de 1° C.,

1. *Epoques de la nature*, t. II, p. 6.

varie beaucoup d'un point à l'autre du globe. D'après M. Cordier [1], dans certaines mines de la Saxe, on obtient une élévation de 1° C. par chaque 35 mètres, tandis que dans d'autres il faut un nombre de mètres deux ou trois fois plus considérable pour obtenir une élévation de température de 1° C. M. Fox ayant placé un thermomètre dans la mine de Dolcoath, à la profondeur de 421 mètres, obtint, pendant dix-huit mois d'observation, une température moyenne de 20°; celle de l'atmosphère étant de 10°, l'élévation n'était donc que de 1° pour chaque 22 mètres, 13 mètres de moins que dans les mines de la Saxe. Malgré ces inégalités dans le degré de profondeur géothermique, il n'est pas permis de mettre en doute que le thermomètre s'élève d'autant plus qu'on l'enfonce davantage dans le sol. Il paraît fort naturel d'en conclure, comme on l'a fait, que le centre de la terre étant en fusion constitue un foyer de chaleur intense auquel est due l'élévation graduelle du thermomètre qui pénètre dans le sol.

On a cependant opposé à cette conclusion des objections dont l'importance est d'autant plus grande qu'elles viennent d'un homme dont la compétence et l'autorité ne sont mises en doute par personne. « Si, dit Lyell [2], nous adoptons comme résultat moyen l'évaluation de 1° C. par 35 mètres de profondeur, et si nous supposons, avec les partisans de la fluidité du noyau central, que la température continue à s'accroître en descendant jusqu'à une distance indéfinie, nous atteindrons le point d'ébullition de l'eau à plus de 3,218 mètres au-dessous de la surface, et celui de la fusion de fer (plus de 1,5000 centigrades suivant le pyromètre de Daniel) et de presque toutes les substances connues, à la profondeur de 54,716 mètres. S'il est vrai que la chaleur augmente dans la proportion que nous venons d'énoncer, nous devrions rencontrer, à peu de distance, une température plusieurs fois supérieure à celle qui suffit pour fondre les substances les plus réfractaires connues. Dans ce cas, à des profondeurs bien plus considérables, quoique encore très éloignées du noyau central, la chaleur devrait avoir une intensité telle (160 fois celle du point de fusion du fer) qu'il serait impossible de concevoir comment la croûte terrestre peut résister à son action sans se fondre. » Prévoyant une objection qui, en effet, se présente aussitôt à l'esprit, il ajoute : « Peut-être dira-t-on que nous pouvons nous maintenir sur la surface durcie d'un courant de laves pendant qu'il est encore en mouvement, et même descendre dans le cratère du Vésuve après une éruption, et nous tenir sur les scories au moment où chaque crevasse nous laisse

1. *Mémoires de l'Institut*, t. VII.
2. *Principes de géologie*, t. II, p. 263.

apercevoir la roche incandescente à $0^m,60$ ou $0^m, 90$ au-dessous de nous, ce qui permet de supposer qu'un peu plus bas elle est entièrement à l'état de fusion, et qu'à une profondeur de plusieurs centaines de mètres ou de kilomètres, il règne une chaleur beaucoup plus intense encore. A cela, nous répondrons que jusqu'à ce qu'une grande quantité de chaleur ait été abandonnée, soit par l'émission de la lave, soit sous forme latente, par un dégagement de vapeur d'eau et de gaz, la matière fondue continue à être en ébullition dans le cratère du volcan. Mais cette ébullition cesse quand il ne vient plus d'en bas une quantité suffisante pour l'entretenir, et il peut alors se former une croûte de lave sur la partie supérieure, ce qui permet à des pluies de scories d'y tomber et de s'y maintenir sans se fondre. Si la chaleur intérieure vient à être augmentée de nouveau, l'ébullition recommence et détermine bientôt la fusion de la croûte superficielle. De même, dans le cas du courant en mouvement dont nous parlions tout à l'heure, nous pouvons supposer en toute assurance qu'aucune partie du liquide qui se trouve au-dessous de la surface durcie n'a une température de beaucoup supérieure à celle qui suffit pour le maintenir à l'état de fluidité. »

On a encore invoqué, à l'appui de l'existence d'un noyau fluide au centre de la terre, la température élevée des eaux thermales, la densité de la terre, plus forte au centre qu'à la surface, les phénomènes volcaniques, les tremblements de terre, de prétendues marées terrestres, intérieures, et des déplacements supposés de l'axe de la croûte terrestre, les abaissements et les soulèvements que subissent certaines parties de la surface de la terre.

M. Lyell pense cependant qu'aucun de ces phénomènes n'est de nature à exiger que le centre de la terre soit entièrement en fusion. Il pense qu'il suffit, pour les expliquer, d'admettre l'existence, dans certaines parties limitées de la portion superficielle du globe terrestre, de cavités remplies de roches en fusion.

D'abord il nie les marées intérieures et le déplacement de l'axe de la croûte terrestre, qui ont été admis par quelques géologues. Il fait remarquer relativement au premier phénomène que, si faibles que fussent les marées intérieures, si elles existaient, et que si, comme l'admettent les partisans de la fluidité centrale, les laves des volcans étaient en communication directe avec la matière fondue du noyau central, elles devraient s'abaisser et s'élever en même temps que la mer dans les volcans, comme le Stromboli, où il existe toujours de la matière en fusion. Or, cela ne se produit pas. Relativement au prétendu déplacement de la croûte terrestre autour du noyau central, il

fait, entre autres objections, celle-ci, qui est topique : « La terre étant un sphéroïde et non une sphère parfaite, il devient nécessaire de supposer la fluidité du noyau assez complète pour que l'enveloppe solide puisse glisser librement au-dessus. Si la surface inférieure ou interne de l'enveloppe est de forme irrégulière, ou même si quelqu'une de ses parties est visqueuse, cette enveloppe éprouvera une très forte résistance chaque fois qu'elle devra changer de position. Sa liberté de glissement sera contrariée par son défaut d'adaptation avec le noyau, et son changement de position, supposé même qu'il soit toujours très petit, ne s'effectuera qu'avec des frottements excessivement violents, par suite desquels se produiront la voussure et le déchirement de la masse incombante. »

Les arguments en faveur de la fluidité centrale du globe tirés des phénomènes volcaniques, des sources thermales, des abaissements et des soulèvements de certains points du globe ont une valeur beaucoup plus grande. Lyell cependant n'admet pas davantage les déductions qu'on en tire.

Occupons-nous d'abord des volcans. La plupart des géologues modernes admettent que les volcans communiquent avec la masse centrale en fusion du globe. Nous verrons plus bas sur quels arguments ils appuient cette opinion, dont il font usage, d'un autre côté, pour plaider la cause du feu central. Les idées émises par Buffon au sujet des volcans sont tout à fait différentes; elles méritent de nous arrêter, sinon à cause de leur absolue exactitude, du moins à cause de leur originalité et de la confirmation qu'une partie d'entre elles ont reçue. Disons d'abord que Buffon n'est pas partisan de la fluidité centrale du globe. Il admet bien que le centre de la terre jouit d'une température très élevée, mais il le considère comme doué d'une solidité égale à celle de la surface. « Nous pouvons présumer, dit-il dans son mémoire sur *La Formation des planètes*[1], que l'intérieur de la terre est rempli d'une matière à peu près semblable à celle qui compose sa surface. » Un peu plus loin il dit encore : « Il y a tout lieu de conjecturer, avec grande vraisemblance, que l'intérieur de la terre est rempli d'une matière vitrifiée dont la densité est à peu près la même que celle du sable[2], et que par conséquent le globe terrestre, en général, peut être regardé comme homogène. »

Buffon admettant l'état solide du centre de la terre ne pouvait con-

1. T. Ier, p. 79.
2. Nous reviendrons plus bas sur la densité comparée du centre et de la surface de la terre Buffon la croyait égale dans les deux points; il n'en est, en réalité, pas ainsi : le centre de la terre est plus dense que la surface.

sidérer les volcans comme les cheminées d'un foyer central rempli de matières en fusion. Il explique leur formation et leur fontionnement d'une toute autre façon. Il suppose qu'au moment du refroidissement de la terre, il s'est formé à sa surface, par le bouillonnement des gaz et des vapeurs, des boursouflures analogues à celles qu'on voit sur un morceau de verre ou de fer fondu au contact de l'air et de la vapeur d'eau; les parties saillantes de ces boursouflures ont constitué les montagnes primitives, tandis que leurs cavités ont formé les creusets des volcans. « On pourra, dit-il [1], me demander pourquoi tous les volcans sont situés dans les montagnes? pourquoi paraissent-ils d'autant plus ardents que les montagnes sont plus hautes? quelle est la cause qui a pu disposer ces énormes cheminées dans l'intérieur des murs les plus solides et les plus élevés du globe? Si l'on a bien compris ce que j'ai dit au sujet des inégalités produites par le premier refroidissement, lorsque les matières en fusion se sont consolidées, on sentira que les chaînes des hautes montagnes nous représentent les plus grandes boursouflures qui se sont faites à la surface du globe dans le temps qu'il a pris consistance : la plupart des montagnes sont donc situées sur des cavités, auxquelles aboutissent les fentes perpendiculaires qui les tranchent du haut en bas : ces cavernes et ces fentes contiennent des matières qui s'enflamment par la seule effervescence, ou qui sont allumées par les étincelles électriques de la chaleur intérieure du globe. Dès que le feu commence à se faire sentir, l'air attiré par la raréfaction en augmente la force et produit bientôt un grand incendie, dont l'effet est de produire à son tour les mouvements et les orages intestins, les tonnerres souterrains et toutes les impulsions, les bruits et les secousses qui précèdent et accompagnent l'éruption des volcans. On doit donc cesser d'être étonné que les volcans soient tous situés dans les hautes montagnes, puisque ce sont les seuls anciens endroits de la terre où les cavités intérieures se soient maintenues, les seuls où ces cavités communiquent de bas en haut par des fentes qui ne sont pas encore comblées, et enfin les seuls où l'espace vide était assez vaste pour contenir la très grande quantité de matières qui servent d'aliment au feu des volcans permanents et encore subsistants. Au reste, ils s'éteindront comme les autres dans la suite des siècles; leurs éruptions cesseront; oserai-je même dire que les hommes pourraient y contribuer? En coûterait-il autant pour couper la communication d'un volcan avec la mer voisine qu'il en a coûté pour construire les pyramides d'Égypte? Ces monuments inutiles d'une gloire fausse et vaine nous apprennent au moins

1. *Époques de la nature*, t. II, p. 76.

qu'en employant les mêmes forces pour les monuments de sagesse, nous pourrions faire de très grandes choses, et peut-être maîtriser la nature, au point de faire cesser, ou du moins diriger les ravages du feu comme nous savons déjà par notre art diriger et rompre les efforts de l'eau. »

D'après Buffon, non seulement les volcans ne communiquent pas avec le centre de la terre, mais encore ils sont situés très près de sa surface, d'ordinaire dans l'épaisseur même des montagnes. « Il ne faut pas croire, dit-il, dans son *Histoire et théorie de la terre* [1], que ces feux viennent d'un feu central, comme quelques auteurs l'ont écrit, ni même qu'ils viennent d'une grande profondeur, comme c'est l'opinion commune; car l'air est absolument nécessaire à leur embrasement, au moins pour l'entretenir. On peut l'assurer, en examinant les matières qui sortent des volcans dans les plus violentes éruptions, que le foyer de la matière enflammée n'est pas à une grande profondeur et que ce sont des matières semblables à celles qu'on trouve sur la croupe de la montagne, qui ne sont défigurées que par la calcination et la fonte des parties métalliques qui y sont mêlées; et pour se convaincre que ces matières jetées par les volcans ne viennent pas d'une grande profondeur, il n'y a qu'à faire attention à la hauteur de la montagne et juger de la force immense qui était nécessaire pour pousser des pierres et des minéranx à une demi-lieue en hauteur; car l'Etna, l'Hécla et plusieurs autres volcans ont au moins cette élévation au-dessus des plaines. Or, on sait que l'action du feu se fait en tout sens; elle ne pourrait donc pas s'exercer en haut avec une force capable de lancer de grosses pierres à une demi-lieue en hauteur sans *réagir* avec la même force en bas et vers les côtés; cette réaction aurait bientôt détruit et percé la montagne de tous côtés, parce que les matières qui la composent ne sont pas plus dures que celles qui sont lancées; et comment imaginer que la cavité qui sert de tuyau ou de canon pour conduire ces matières jusqu'à l'embouchure du volcan, puisse résistance à une si grande violence? D'ailleurs, si cette cavité descendait fort bas, comme l'orifice extérieur n'est par fort grand, il serait comme impossible qu'il en sortît à la fois une aussi grande quantité de matières enflammées et liquides, parce qu'elles se choqueraient entre elles et contre les parois du tuyau, et qu'en parcourant un espace aussi long, elles s'éteindraient et se durciraient. On voit souvent couler du sommet du volcan dans les plaines des ruisseaux de bitume et de soufre fondu qui viennent de l'intérieur et qui sont jetés au dehors avec les pierres et les minéraux. Est-il

1. T. I[er], p. 58.

naturel d'imaginer que des matières si peu solides, et dont la masse donne si peu de prise à une violente action, puissent être lancées d'une grande profondeur? Toutes les observations qu'on fera sur ce sujet prouveront que le feu des volcans n'est pas éloigné du sommet de la montagne, et qu'il s'en faut bien qu'il descende au niveau des plaines.

« Cela n'empêche pas cependant que son action se fasse sentir dans ces plaines par des secousses et des tremblements de terre qui s'étendent quelquefois à une très grande distance, qu'il ne puisse y avoir des voies souterrraines par où la flamme et la fumée peuvent se communiquer d'un volcan à un autre, et que, dans ce cas, ils ne puissent agir et s'enflammer presque en même temps[1]; mais c'est du foyer de l'embrasement que nous parlons, il ne peut être qu'à une petite distance de la bouche du volcan, et il n'est pas nécessaire pour produire un tremblement de terre dans la plaine que ce foyer soit au-dessous du niveau de la plaine, ni qu'il y ait des cavités intérieures remplies du même feu; car une violente explosion telle qu'est celle d'un volcan, peut, comme celle d'un magasin à poudre, donner une secousse assez violente pour qu'elle produise par sa réaction un tremblement de terre.

« Je ne prétends pas dire pour cela qu'il n'y ait des tremblements de terre produits immédiatement par des feux souterrains, mais il y en a qui viennent de la seule explosion des volcans. Ce qui confirme tout ce que je viens d'avancer à ce sujet, c'est qu'il est très rare de trouver des volcans dans les plaines; ils sont au contraire tous dans les plus hautes montagnes, et ils ont tous leur bouche au sommet; si le feu intérieur qui les consume s'étendait jusque dessous les plaines, ne le verrait-on pas dans le temps de ces violentes éruptions s'échapper et s'ouvrir un passage au travers du terrain des plaines? et dans le temps de la première éruption, ces feux n'auraient-ils pas plutôt percé dans les plaines et au pied des montagnes, où ils n'auraient trouvé qu'une faible résistance, en comparaison de celle qu'ils ont dû éprouver, s'il est vrai qu'ils aient ouvert et fendu une montagne d'une demi-lieue de hauteur pour trouver une issue?

« Enfin, on a souvent observé qu'après de violentes éruptions

1. Revenant sur cette question, dans les *Époques de la nature* (t. II, p. 73), Buffon écrit : « Il est vrai que nous ne voyons pas d'assez près la composition intérieure de ces terribles bouches à feu, pour pouvoir prononcer sur leurs effets en parfaite connaissance de cause; nous savons que souvent il y a des communications souterraines de volcan à volcan; nous savons seulement aussi que, quoique le foyer de leur embrasement ne soit peut-être pas à une grande distance de leur sommet, il y a néanmoins des cavités qui descendent beaucoup plus bas, et que ces cavités, dont la profondeur et l'étendue nous sont inconnues, peuvent être en tout ou en partie remplies des mêmes matières que celles qui sont actuellement embrasées. »

pendant lesquelles le volcan rejette une très grande quantité de matières, le sommet de la montagne s'affaisse et diminue à peu près de la même quantité qu'il serait nécessaire qu'il diminuât pour fournir les matières rejetées; autre preuve qu'elles ne viennent pas de la profondeur intérieure du pied de la montagne, mais de la partie voisine du sommet et du sommet même. »

Quant à la raison pour laquelle les volcans sont situés dans les montagnes, Buffon la formule de la façon suivante [1] :

« Ce qui fait que les volcans sont toujours dans les montagnes, c'est que les minéraux, les pyrites et les soufres se trouvent en plus grande quantité et plus à découvert dans les montagnes que dans les pleines, et que ces lieux élevés recevant plus aisément et en plus grande abondance les pluies et les autres impressions de l'air, ces matières minérales, qui y sont exposées, se mettent en fermentation et s'échauffent jusqu'au point de s'enflammer. »

Il attribue une influence considérable à l'électricité dans la production des phénomènes volcaniques. « L'électricité, dit-il [2], me paraît jouer un très grand rôle dans les tremblements de terre et dans les éruptions des volcans. Je me suis convaincu par des raisons très solides, et par la comparaison que j'ai faite des expériences sur l'électricité, que *le fond de la matière électrique est la chaleur propre du globe terrestre;* les émanations continuelles de cette chaleur, quoique sensibles, ne sont pas visibles, et restent sous la forme de chaleur obscure, tant qu'elles ont leur mouvement libre et direct; mais elles produisent un feu très vif et de fortes explosions, dès qu'elles sont détournées de leur direction, ou bien accumulées par le frottement des corps. Les cavités intérieures de la terre contenant du feu, de l'air et de l'eau, l'action de ce premier élément doit y produire des vents impétueux, des orages bruyants et des tonnerres souterrains dont les effets peuvent être comparés à ceux de la foudre des airs; ces effets doivent même être plus violents et plus durables, par la forte résistance que la solidité de la terre oppose de tous côtés à la force électrique de ces tonnerres souterrains. Le ressort d'un air mêlé de vapeurs denses et enflammées par l'électricité, l'effort de l'eau réduite en vapeurs élastiques par le feu, toutes les autres impulsions de cette puissance électrique, soulèvent, entr'ouvent la surface de la terre, ou du moins l'agitent par des tremblements, dont les secousses ne durent pas plus longtemps que le coup de la foudre intérieure qui les produit; et ses secousses se renouvellent jusqu'à ce que les vapeurs expansi-

1. *Histoire et théorie de la terre*, t. Ier, p. 60.
2. *Epoques de la nature*, t. II, p. 73.

ves se soient fait une issue par quelque ouverture à la surface de la terre ou dans le sein des mers. Aussi les éruptions des volcans et les tremblements de terre sont précédés et accompagnés d'un bruit sourd et roulant, qui ne diffère de celui du tonnerre que par le ton sépulcral et profond que le son prend nécessairement en traversant une grande épaisseur de matière solide lorsqu'il s'y trouve renfermé.

« Cette électricité souterraine, combinée comme cause générale avec les causes particulières des feux allumés par l'effervescence des matières pyriteuses et combustibles que la terre recèle en tant d'endroits, suffit à l'explication des principaux phénomènes de l'action des volcans : par exemple, leur foyer paraît être assez voisin de leur sommet, mais l'orage est au-dessous. Un volcan n'est qu'un vaste fourneau, dont les soufflets, ou plutôt les ventilateurs, sont placés dans les cavités inférieures, à côté et au-dessous du foyer; ce sont ces mêmes cavités, lorsqu'elles s'étendent jusqu'à la mer, qui servent de tuyaux d'aspiration pour porter en haut, non seulement les vapeurs, mais les masses mêmes de l'eau et de l'air; c'est dans ce transport que se produit la foudre souterraine, qui s'annonce par des mugissements, et n'éclate que par l'affreux vomissement des matières qu'elle a frappées, brûlées et calcinées : des tourbillons épais d'une noire fumée ou d'une flamme lugubre; des nuages massifs de cendres et de pierres; des torrents bouillants de lave en fusion, roulant au loin leurs flots brûlants et destructeurs, manifestent au dehors le mouvement convulsif des entrailles de la terre. »

Il fait également intervenir les phénomènes chimiques dans la production de la chaleur volcanique. Et ce n'est pas le côté le moins original et le moins remarquable de sa théorie des volcans.

« Les pics ou les pointes des montagnes, dit-il[1], étaient autrefois recouvertes et environnées de sables et de terres que les eaux pluviales ont entraînés dans les vallées; il n'est resté que les rochers et les pierres qui formaient le noyau de la montagne; ce noyau, se trouvant à découvert et déchaussé jusqu'au pied, aura encore été dégradé par les injures de l'air; la gelée en aura détaché de grosses et de petites parties qui auront roulé au bas; en même temps, elle aura fait fendre plusieurs rochers au sommet de la montagne; ceux qui forment la base de ce sommet, se trouvant découverts et n'étant plus appuyés par les terres qui les environnaient, auront un peu cédé, et, en s'écartant les uns des autres ils auront formé de petits intervalles : cet ébranlement des rochers inférieurs n'aura pu se faire sans communiquer aux rochers supérieurs un mouvement plus grand, ils se seront fendus ou écartés

1. *Des volcans et des tremblements de terre*, t. I, p. 218.

les uns des autres. Il se sera donc formé dans ce noyau de montagne une infinité de petites et de grandes fentes perpendiculaires, depuis le sommet jusqu'à la base des rochers inférieurs; les pluies auront pénétré dans toutes ces fentes, et elles auront détaché dans l'intérieur de la montagne toutes les parties minérales et toutes les autres matières qu'elles auront pu enlever ou dissoudre; elles auront formé des pyrites, des soufres et d'autres matières combustibles, et lorsque, par la succession des temps, ces matières se seront accumulées en grande quantité, elles auront fermenté, et, en s'enflammant, elles auront produit les explosions et les autres effets des volcans. Peut-être y avait-il dans l'intérieur de la montagne des amas de ces matières minérales déjà formées avant que les pluies pussent y pénétrer; dès qu'il se sera fait des ouvertures et des fentes qui auront donné passage à l'eau et à l'air, ces matières se seront enflammées et auront formé un volcan : aucun de ces mouvements ne pouvant se faire dans les plaines, puisque tout est en repos et que rien ne peut se déplacer, il n'est pas surprenant qu'il n'y ait aucun volcan dans les plaines, et qu'ils se trouvent en effet dans les hautes montagnes.

« Lorsqu'on a ouvert des minières de charbon de terre, que l'on trouve ordinairement dans l'argile à une profondeur considérable, il est arrivé quelquefois que le feu s'est mis à ces matières ; il y a même des mines de charbon en Écosse, en Flandre, etc., qui brûlent continuellement depuis plusieurs années : la communication de l'air suffit pour produire cet effet; mais ces feux, qui se sont allumés dans ces mines, ne produisent que de légères explosions, et ils ne forment pas des volcans, parce que, tout étant solide et plein dans ces endroits, le feu ne peut pas être excité, comme celui des volcans dans lesquels il y a des cavités et des vides où l'air pénètre, ce qui doit nécessairement étendre l'embrasement et peut augmenter l'action du feu au point où nous la voyons lorsqu'elle produit les terribles effets dont nous avons parlé. »

Enfin, et c'est par là que je terminerai l'exposé des idées de Buffon sur les volcans, il insiste beaucoup sur l'importance du rôle joué par l'eau dans les phénomènes volcaniques. Il signale ce fait important que les volcans n'existent qu'au voisinage des mers, et il en conclut qu'ils n'ont pu se former et produire leur action qu'après que l'eau s'est déposée à la surface de la terre pour y former les mers. Il distingue les volcans terrestres des volcans marins. « Ceux-ci, dit-il [1], ne peuvent faire que des explosions, pour ainsi dire, momentanées, parce qu'à l'instant que leur feu s'allume par l'effervescence des ma-

1. *Epoques de la nature*, t. II, p. 71.

tières pyriteuses et combustibles, il est immédiatement éteint par l'eau qui les couvre et se précipite à flots jusque dans leur foyer par toutes les routes que le feu s'ouvre pour en sortir. » Quant aux volcans de la terre, « ils ont au contraire une action durable et proportionnée à la quantité de matières qu'ils contiennent. » Et il ajoute aussitôt : « Ces matières ont besoin d'une certaine quantité d'eau pour entrer en effervescence, et ce n'est ensuite que par le choc d'un grand volume de feu contre un volume d'eau que peuvent se produire leurs violentes éruptions ; et de même qu'un volcan sous-marin ne peut agir que par instants, un volcan terrestre ne peut durer qu'autant qu'il est voisin des eaux. C'est par cette raison que tous les volcans actuellement agissants sont dans les îles ou près des côtes de la mer, et qu'on pourrait en compter cent fois plus d'éteints que d'agissants ; car à mesure que les eaux, en se retirant, se sont trop éloignées du pied de ces volcans, leurs éruptions ont diminué par degrés et enfin ont entièrement cessé, et les légères effervescences que l'eau fluviale aura pu causer dans leur ancien foyer n'aura produit d'effet sensible que par des circonstances particulières et très rares.

« Les observations confirment parfaitement ce que je dis de l'action des volcans : tous ceux qui sont maintenant en travail sont situés près des mers ; tous ceux qui sont éteints, et dont le nombre est bien plus grand, sont placés dans le milieu des terres, ou tout au moins à quelque distance de la mer ; et quoique la plupart des volcans qui subsistent paraissent appartenir aux plus hautes montagnes, il en a existé beaucoup d'autres dans les éminences de médiocre hauteur. La date de l'âge des volcans n'est donc pas partout la même : d'abord il est sûr que les premiers, c'est-à-dire les plus anciens, n'ont pu acquérir une action permanente qu'après l'abaissement des eaux qui couvraient leur sommet ; et ensuite, il paraît qu'ils ont cessé d'agir dès que ces mêmes eaux se sont trop éloignées de leur voisinage ; car, je le répète, nulle puissance,. à l'exception de celle d'une grande masse d'eau choquée contre un grand volume de feu, ne peut produire des mouvements aussi prodigieux que ceux de l'éruption des volcans. »

J'ai insisté sur la théorie des volcans formulée par Buffon, parce qu'elle est à la fois très complète quand on en rapproche les parties insérées dans ses *Époques de la nature* et dans sa *Théorie de la terre*, parce qu'elle soulève un certain nombre de problèmes d'une grande importance, et parce qu'elle a été adoptée, dans ses parties capitales, par beaucoup de géologues modernes revêtus de la plus grande autorité. Résumons cette théorie : les volcans ont un foyer en communication avec des cavités souterraines situées dans l'épaisseur

des couches superficielles de la terre. Les matières en fusion que renferment les cavités inférieures et le foyer ont été « enflammées par la seule effervescence, » c'est-à-dire par les actions chimiques qu'elles ont exercées les unes sur les autres, « ou par les étincelles électriques de la chaleur intérieure du globe ». Si l'on trouve de préférence les volcans dans les montagnes, c'est parce que les matières minérales y étant exposées à l'action de l'eau et de l'air « se mettent en fermentation et s'échauffent jusqu'au point de s'enflammer ». Deux agents suffisent à Buffon pour expliquer la fusion des matériaux que contiennent et rejettent les volcans : les réactions chimiques et l'électricité développée par la chaleur propre du globe. L'eau et l'air, l'eau surtout, sont indispensables à la production des réactions chimiques. Les matières contenues dans les cavités volcaniques « ont besoin d'une certaine quantité d'eau pour entrer en effervescence ; » l'eau est également indispensable à la production des éruptions; « ce n'est que par le choc d'un grand volume de feu contre un volume d'eau que peuvent se produire les violentes éruptions ». C'est cette nécessité de l'eau qui explique la présence constante des volcans au voisinage des mers.

Comparons les divers points de cette théorie avec les opinions admises actuellement et avec les faits découverts par la science moderne.

En ce qui concerne la position des volcans au voisinage des mers, il est établi que sur 139 volcans qui ont eu des éruptions depuis le milieu du XVIII[e] siècle, c'est-à-dire depuis l'époque de Buffon, 98 appartiennent à des îles; 48 sont situés sur des continents, mais au voisinage des côtes ou de grands lacs. John Herschel a constaté que sur 225 volcans que l'on sait avoir été en éruption dans les cent cinquante dernières années, un seul, le mont Demavend, en Perse, est situé à 512 kilomètres de l'Océan, mais il est peu éloigné de la mer Caspienne. Le Jorullo, au Mexique, qui fit éruption en 1759, est situé à 192 kilomètres de l'Océan, mais il fait partie d'une chaîne de volcans dont l'extrémité touche presque à la mer. Quant aux nombreux volcans éteints qui se dressent dans des régions actuellement éloignées de la mer, comme ceux de l'Auvergne, des Montagnes Rocheuses, etc., on sait qu'à l'époque de leur activité ils étaient entourés d'océans ou de grandes mers intérieures.

La relation des cavités volcaniques avec les mers voisines, admise par Buffon, n'est pas moins certaine. On sait que tous les volcans rejettent une grande quantité de vapeurs d'eau. On pourrait, il est vrai, prétendre que cette vapeur provient de l'eau des pluies qui ont pé-

nétré dans le cratère du volcan ou dans les terrains avoisinants et qui est vaporisée par la chaleur du foyer volcanique. Des observations directes prouvent que ces vapeurs viennent, au moins en grande partie, d'eau de mer qui a pénétré dans le volcan par des fissures sous-marines. Davy a constaté que les vapeurs qui s'échappent du Vésuve laissent déposer du sel marin. Lors de l'éruption de l'Etna en 1865, M. Fouqué s'est assuré que les gaz rejetés par le volcan étaient identiques à ceux qui auraient dû prendre naissance, si d'énormes quantités d'eau de mer avaient pénétré dans la cavité du volcan, s'y étaient décomposées et avaient été expulsées avec la lave. Non content de cela, il a calculé que la quantité de vapeur d'eau rejetée par le volcan était proportionnelle à celle des autres gaz, et il a pu évaluer, à 22,000 mètres cubes la quantité de vapeur d'eau rejetée chaque jour par les nombreuses bouches béantes de l'Etna. Enfin, on a trouvé dans le tuf qui recouvre Pompéi et qui est formé de laves rejetées par le Vésuve, une quantité considérable de tests siliceux, de diatomées et de protozoaires marins qui ne peuvent provenir que de l'eau de la mer qui a pénétré dans la cavité du volcan et qui a été ensuite rejetée. Un grand nombre de ces tests en partie fondus, ce qui témoigne de leur passage dans un foyer à température très élevée, car ils sont formés d'une substance assez difficilement fusible, la silice. Quant au rôle attribué par Buffon à l'eau dans les éruptions, il est décrit de la façon suivante par Lyell [1] : « On peut supposer qu'il existe à une profondeur de plusieurs kilomètres au-dessous de la surface de la terre de vastes cavités souterraines dans lesquelles s'accumule de la lave fondue, et que lorsque de l'eau, mêlée à de l'air dans les proportions ordinaires, vient à pénétrer dans ces cavités, il s'y produit de la vapeur qui exerce une certaine pression sur la lave et la force à monter dans le conduit d'un volcan de la même manière qu'une colonne d'eau est poussée de bas en haut dans le tube d'un Geyser. Dans d'autres cas, on peut supposer une colonne continue de lave liquide mêlée avec de l'eau à la température de la chaleur rouge ou de la chaleur blanche (car l'eau, suivant le professeur Bunsen, peut se trouver en cet état lorsqu'elle est soumise à une certaine pression), et qui serait douée d'une température croissant de haut en bas d'une façon régulière. Que l'équilibre vienne à être rompu dans la masse, il se produit près de la surface, par suite de l'expansion et la conversion en gaz de l'eau emprisonnée dans le sein des diverses substances qui constituent la lave, une éruption dont le résultat sera de diminuer la pression supportée par la colonne liquide; une plus grande quantité de vapeur

1. *Principes de géologie*, t. II, p. 248.

d'eau venant alors à se dégager, elle entraîne avec elle des jets de roche fondue qui, lancés dans l'air, retomberont en pluies de scories ou de cendres sur la contrée environnante. Enfin, l'arrivée de la lave et de l'eau, de plus en plus chauffées à l'orifice du conduit ou du cratère du volcan, peut donner à la force d'expansion une puissance suffisante pour expulser un courant de lave massive. L'éruption terminée, survient une période de repos pendant laquelle de nouvelles provisions de calorique sortent du foyer intérieur et forment peu à peu des masses nouvelles de roche, en même temps que l'eau de la mer ou celle de l'atmosphère descend de la surface dans les cavités inférieures ; jusqu'à ce qu'enfin, toutes les conditions requises pour une nouvelle explosion se trouvant parfaites, une autre série de phénomènes se reproduise dans une ordre tout à fait semblable. »

Credner [1], résumant l'opinion admise par tous les géologues, dit de son côté : « On doit considérer la puissance de la vapeur d'eau comme déterminante dans ces manifestations de l'activité des volcans stratifiés, et la gravité des phénomènes éruptifs d'un volcan doit être attribuée à la quantité de vapeur d'eau mise en jeu. »

Tous ces faits, toutes ces opinions ne viennent-ils pas confirmer la manière de voir de Buffon? et n'avait-il pas raison d'écrire : « En coûterait-il autant pour couper la communication d'un volcan avec la mer voisine qu'il en a coûté pour construire les pyramides d'Égypte? »

(*A suivre.*)

1. *Traité de géologie et de paléontologie*, p. 241.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie royale des sciences d'Amsterdam.

Séance du 29 septembre 1883.

M. SCHOLS traite du transport d'une triangulation sur un plan au moyen d'une projection cartographique conforme, transport qui simplifie notablement le calcul du réseau, surtout celui du réseau du second et du troisième ordre. Cette méthode a été employée pour la première fois par Gauss, qui a calculé ainsi, dans la projection cartographique, tout le réseau de la triangulation du Hanovre. En Prusse et en Autriche, pour le calcul du réseau secondaire, cette méthode est aujourd'hui appliquée exclusivement.

Des circonstances particulières ont conduit M. S. à chercher de quelle manière cette méthode s'adapterait le mieux à une triangulation secondaire au voisinage de l'équateur. Dans cette recherche, il avait plus spécialement en vue l'île de Sumatra, dont la triangulation devait être entreprise prochainement et qui s'étend des deux côtés de l'équateur jusqu'à environ 6°.

La projection de Mercator, directement appliquée à l'ellipsoïde, se recommande ici en quelque sorte d'elle-même, et un examen plus approfondi montre que pour le cas en question, celui d'une faible latitude géographique, elle convient tout spécialement.

Outre les avantages qui ont fait adopter cette méthode en Prusse et en Autriche, elle offre ici encore les bénéfices suivants : 1° qu'il n'est pas nécessaire d'employer une double projection; 2° qu'il n'est pas nécessaire, après la compensation, de transporter de nouveau le réseau sur le sphéroïde, comme en Prusse, ou sur la sphère, comme en Autriche, afin de calculer les coordonnées géographiques. Ces deux avantages naissent de la circonstance que dans la projection de Mercator les abscisses dépendent uniquement des longitudes géographiques, et les ordonnées uniquement des latitudes.

Les formules servant à passer de la longitude de λ et de la latitude φ aux coordonnées X et Y, et réciproqpement, sont les suivantes :

$$X = 30{,}9184939\ \lambda$$
$$\lambda = 0'',0323431019\ X$$
$$\begin{aligned} Y = {} & 30{,}7121324\ \varphi + (0{,}08606739 - 10)\ \varphi^3 \\ & + (8{,}851803 - 30)\ \varphi^5 \\ & + (7{,}6866 - 40)\ \varphi^7 \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} \varphi = {} & 0'',0325604223\ Y - (4{,}13682750 - 20) \\ & + (9{,}945982 - 40)\ Y^5 \\ & - (5{,}8289 - 50)\ Y^7 \end{aligned}$$

où φ et γ sont exprimées en secondes, X et Y en mètres, et où les nombres placés entre parenthèses sont les logarithmes des coefficients.

Pour le calcul de Y et de φ, le mieux sera de construire d'avance une table, à l'aide des formules ci-dessus.

Pour transporter le réseau du sphéroïde sur le plan, ou *vice versa*, il faut faire subir aux angles des corrections, qui s'obtiennent au moyen de la somme ou de la différence des angles compris entre les courbes qui sur la carte représentent les projections des lignes géodésiques, et les cordes de ces courbes. Le signe à donner à ces corrections se déduit le plus facilement de l'esquisse du réseau, si l'on considère que la projection de la ligne géodésique sur la carte tourne toujours son côté concave vers l'équateur.

Les angles ψ_0 et ψ_1, entre la corde et la projection de la ligne géodésique qui unit les deux points P_0 et P_1 (dont les coordonnées sur la carte sont X_0Y_0 et X_1Y_1), sont déterminés par les formules suivantes :

$$\begin{aligned}
&\psi_0 = Hx && \text{Argument : } Y = 1/3\,(2\,Y_0 + Y_1) = Y_0 + 1/3\,y \\
&\psi_1 = Hx && \quad\text{»}\qquad Y = 1/3\,(Y_0 + 2Y_1) = Y_0 + 2/3\,y \\
&\left.\begin{aligned}\psi_0 &= Hx - [1]\,xy \\ \psi_1 &= Hx + [1]\,xy\end{aligned}\right\} && \quad\text{»}\qquad Y = 1/2\,(Y_0 + Y_1) = Y_0 + 1/2\,y
\end{aligned}$$

où $x = X_1 - X_0$ et $y = Y_1 - Y_0$ représentent les différences des coordonnées des deux points, [1] une constante, et H une fonction de l'ordonnée Y ci-dessus donnée.

Pour $\varphi = 6°$ et pour une distance de 100 000 mètres le premier des deux systèmes de formules donne tout au plus une erreur de 0",0231, le second de 0",0034.

Il arrive quelquefois qu'on veuille calculer, au moyen de la distance [s] de deux points sur la carte, la distance [S] de ces points sur la surface terrestre ; pour les courtes distances, telles qu'en offrent les triangulations secondaires, on peut se contenter alors de la formule :

$$\log.\ S = \log.\ \frac{s}{m} - [2]\,y^2,$$

qui, dans le cas d'une distance de 100 000 mètres et de $\varphi = 6°$, laisse dans le logarithme une erreur de tout au plus 0,68, en unités de la septième décimale.

Pour des distances plus grandes, on a la formule :

$$\log S = \log \quad - [3]\,y^2 + [4]\,H^2y^2 - [5]\,H^2x^2,$$

qui, les limites restant les mêmes, donne tout au plus une erreur d'une unité dans la dixième décimale. Dans cette formule, H est la même fonction de $Y = \frac{1}{2}(Y_0 + Y_1)$ qui entre dans les formules pour ψ et ψ_1, tandis que la quantité m, tant dans cette formule que dans la précédente, représente l'agrandissement pour le point dont l'ordonnée est $Y = \frac{1}{2}(Y_0 + Y_1)$.

Des quantités log m et log H ou plutôt log $\frac{H}{Y}$, on dressera d'avance une table ;

on pourra se servir, à cet effet, des formules suivantes :

$$\log \frac{H}{Y} = 1,40701657 - 10 - (5,5600819 - 20)\, Y^2 + (1,33477 - 30)\, Y^4 - (7,198 - 50)\, Y^6$$

$$\log m = (5,7303757 - 20)\, Y^2 - (1,35164 - 30)\, Y^4 + (7,181 - 50)\, Y^6.$$

Une table où Y croît chaque fois de 100 mètres suffit pour l'objet en question. Les logarithmes des constantes qui entrent dans les formules ci-dessus sont :

$$\log [1] = 0,6289 - 10$$
$$\log [2] = 1,6483 - 10$$
$$\log [3] = 1,6512 - 10$$
$$\log [4] = 1,9254 - 10$$
$$\log [5] - 1,6215 - 10.$$

L'expression donnée ci-dessous pour H et le log [1] est prise de telle sorte que ψ_0 et ψ_1 sont obtenus directement en secondes, les logarithmes de [2] à [5] donnent les termes de correction en parties de la septième décimale, prise pour unité.

En terminant, M. S. fait remarquer que la projection de Mercator est la meilleure pour le calcul du réseau secondaire, parce qu'elle comporte les formules les plus simple ; mais elle n'est pas à recommander pour la construction d'une carte de toute l'île de Sumatra. A 6° de latitude, l'agrandissement est de 1,00548, de sorte que, même si toutes les dimensions sont réduites dans le rapport de 1,00274 à 1, les longueurs des lignes sur la carte diffèrent encore de 1/365e des longueurs sur le terrain.

Il sera préférable de diviser la carte en sections d'un degré, comme cela se fait aujourd'hui généralement, en Prusse, en Autriche et en Italie, pour les cartes topographiques ; toutes les parties du terrain se trouvent alors représentées presque sans altération.

Si l'on veut construire une carte d'ensemble de Sumatra, la situation de l'île, dont l'axe longitudinal fait un angle d'environ 45° avec le méridien, indique qu'aucune projection symétrique ne peut donner un résultat beaucoup meilleur que celui fourni par la plus simple de ces projections, celle de Mercator. On devrait avoir recours ici à une projection non symétrique, telle que celle dont M. S. a donné la description dans le chap. VII de ses études sur les projections cartographiques (*Nieuw Archief voor Wiskunde*, t. VIII). Avec une pareille projection, on peut facilement obtenir, sans trop compliquer les formules, que la différence entre les longueurs des lignes sur la carte et sur la surface terrestre s'élève tout au plus à $\frac{1}{3333}$ et soit donc environ neuf fois moindre que dans la projection de Mercator.

M. Franchimont fait connaître, comme suite à sa communication du 31 mars 1883, les résultats auxquels M. Élion a été conduit en poursuivant ses études sur l'éther acétique diacétylé.

Ainsi qu'il a été dit antérieurement, ce corps avait été obtenu par l'action du

chlorure d'acétyle sur une solution éthérée de la combinaison sodique anhydre de l'éther acétique monoacétylé. En opérant ainsi, l'auteur a remarqué : 1° que le rendement restait toujours au-dessous du produit théorique (environ 68 0/0); 2° qu'il se formait de l'éther acétique monoacétylé libre; 3° que le précipité ne consistait pas uniquement en Na,Cl, mais contenait la combinaison sodique de l'éther acétique diacétylé, laquelle est insoluble dans l'éther. Il devient donc probable que l'éther acétique diacétylé est plus fortement acide que l'éther acétique monoacétylé, à ce point même qu'il chasse ce dernier de sa combinaison sodique, pour y prendre sa place. Cette présomption paraît fortifiée par l'observation que, dans une solution éthérée limpide du composé sodique de l'éther acétique monoacétylé, l'addition d'éther acétique diacétylé fait naître un précipité. En conséquence de ces faits, la préparation de l'éther acétique diacétylé a été modifiée; dorénavant, la combinaison sodique de l'éther acétique monoacétylé a été versée dans le chlorure d'acétyle, les deux corps étant préalablement dissous dans l'éther.

En ce qui concerne la purification, l'observation suivante a été faite : tandis que l'éther acétique monoacétylé, agité avec une solution saturée de sulfite sodique acide, forme avec lui, en dégageant beaucoup de chaleur, une combinaison qui d'abord reste dissoute et plus tard cristallise, l'éther acétique diacétylé n'agit pas sur le sulfite sodique acide, pas plus que l'éther acétique éthylacétylé ou éthyldiacétylé. Cette propriété a été utilisée pour débarrasser l'éther acétique diacétylé de l'éther acétique monoacétylé mélangé avec lui.

Il y a encore à remarquer, à ce sujet, que l'éther acétique monoacétylé, préparé et purifié de la manière connue, paraît également contenir une petite quantité d'un corps liquide ne se combinant pas avec le sulfite acide.

L'éther acétique diacétylé ne se laisse pas distiller sans décomposition partielle; cette décomposition est beaucoup moindre quand la distillation s'opère sous pression réduite, par exemple à 50-80 millim.; sous cette pression, il passe à environ 137°. Le poids spécifique paraît être, à 15° C., un peu supérieur à 1,1.

La combinaison sodique, dissoute dans dix fois son poids d'eau, donne un liquide à réaction alcaline, laquelle réaction est toutefois disparue au bout de quatre à cinq jours. Le liquide contient alors de l'acétate de soude et de l'éther acétique monoacétylé, qui peut en être extrait par l'agitation avec de l'éther.

L'éther acétique diacétylé est insoluble dans l'eau; mais, quand on le fait bouillir avec ce liquide pendant vingt-cinq minutes à trois quarts d'heure, il est décomposé, au moins en majeure partie, en acide acétique et éther acétique monoacétylé. La quantité de l'acide acétique obtenu permet de juger de la pureté du corps. Cette décomposition ne donne lieu qu'à un très faible dégagement d'acide carbonique; si l'on ajoute toutefois à l'eau un peu d'acide sulfurique étendu, le dégagement devient beaucoup plus fort, peut-être par suite de la décomposition de l'éther acétique monoacétylé qui a pris naissance. Il ne paraît pas se former, dans ces conditions de diacétylméthone. M. Elion n'a donc pas été aussi heureux que l'ont été, avec les dérivés benzoyliques correspondants, MM. Boyer et Perkin et MM. Fischer et Kugel (voir *Ber. d. deutsch. Chem. Ges.* XVI, p. 2128 et 2239). Néanmoins, il essayera de transformer l'éther acétique diacétylé dans l'amide, pour voir si ce corps se laisse décomposer dans la direction voulue

M. Behrens communique les résultats d'expériences faites sur la cristallisation du fer et d'alliages de fer et de nickel.

En fondant du fer pur dans la flamme oxyhydrique, il a obtenu des grains métalliques, microcristallins, dont les faces montraient, après corrosion par un acide, le moiré métallique. Du fer météorique de Krasnojarsk, du Cap et de Foluca, et un alliage de 80 parties de fer et 20 parties de nickel se comportèrent de la même manière. L'acier, dans ces mêmes conditions, devint moins cristallin, la fonte conserva sa structure cristalline grenue. Des expériences de fusion dans un petit fourneau à gaz, où le refroidissement du rouge blanc au rouge jaune était prolongé jusqu'à quarante minutes, fournirent des masses distinctement cristallisées de fer nickelifère naturel et artificiel et d'acier riche en carbone (1 10/0 de carbone). Les figures produites par corrosion avaient beaucoup d'analogie avec les rosettes microscopiques cruciformes du fer magnétique et avec les dendrites du chlorhydrate d'ammoniaque. Les plus grandes baguettes cristallines étaient longues de 1 centimètre 2. A peu près la même cristallisation fut obtenue avec le cuivre et avec l'argent pur.

M. B. présente des échantillons des susdites cristallisations et, en outre, des fragments pierreux ferrifères obtenus par fusion réductrice de roches péridotiques, dont quelques-uns contenaient aussi du soufre, et où le fer était distribué à peu près comme dans la météorite de Chantonnay.

De ces expériences, l'auteur tire la conclusion que les figures de corrosion du fer météorique sont en relation avec la *cristallisation du fer*, tandis qu'elles sont indépendantes de la teneur variable en soufre, phosphore et nickel; en second lieu, que le *péridot* ferrifère, soumis à une fusion réductrice, peut être dédoublé de telle sorte que du fer cristallin se sépare, tandis que le silicate restant passe en majeure partie à l'état d'*enstatite*, semblable par la couleur et la forme au bisilicate magnésien des météorites. Les grains de fer montrent des figures de corrosion, entourées, comme celles du fer de Pallas, d'une bordure claire de fer pauvre en carbone, lequel s'est formé par réaction avec le silicate ferrugineux ambiant.

Dans une seconde communication, M. Behrens signale le fait que le fer cristallise déjà au rouge blanc, et cela en moins de vingt minutes. La température à laquelle les expériences furent faites n'était pas assez élevée pour déterminer la fusion du fer et celui-ci était protégé contre l'oxydation. Néanmoins, il acquérait la fragilité du fer, dit « brûlé »; l'acier devenait même, par réchauffement, aussi cassant que du zinc cristallin. En forgeant le métal à la chaleur rouge, on pouvait lui faire perdre sa structure cristalline et, par suite, sa fragilité.

En terminant, M. B. fait remarquer que de grosses pièces travaillées présenteront fréquemment une structure cristalline, et que, dans ce cas, des chocs répétés doivent exercer une influence très pernicieuse sur la solidité du métal.

Académie des sciences de Paris.

Séance du 24 septembre 1883.

J. Vesque. *De l'influence de la pression extérieure sur l'absorption de l'eau par les racines.* — « Le but de ce travail, qui sera bientôt publié *in extenso*, était de rechercher quelle part revient, dans l'absorption de l'eau par les racines, à la pression extérieure, c'est-à-dire, dans les conditions ordinaires, à la pression atmosphérique. Si l'eau se meut dans la plante uniquement par l'imbibition des parois cellulaires du bois, la pression extérieure doit rester sans influence. Mais les partisans mêmes de la théorie de M. Bœhm ne sont pas d'accord sur le rôle de la pression atmosphérique : tandis que M. Bœhm la considère comme le principal, sinon l'unique agent de la pénétration de l'eau, M. R. Hartig croit que l'osmose seule suffit pour fournir à la plante l'eau qu'elle perd par transpiration.

« L'appareil dont je me suis servi se réduit, en substance, à un petit vase plein d'eau, dans lequel la tige de la plante est hermétiquement mastiquée et qui se termine à la partie inférieure par un tube horizontal, de petit diamètre, calibré et divisé en fractions de volume égal. Un index de mercure qu'on introduit dans ce tube se déplace à mesure que la plante absorbe de l'eau; la quantité absorbée par minute est facilement évaluée, grâce à l'échelle volumétrique. L'extrémité libre du tube gradué étant en communication, par un tube de caoutchouc, avec un vase rempli d'eau et qu'on peut fixer à des hauteurs variables, on est en mesure d'ajouter à la pression atmosphérique ou d'en retrancher une colonne d'eau déterminée.

« Mes expériences ont porté sur deux plantes, une ligneuse, le Laurier-rose, l'autre herbacées, la Fève.

« Le Laurier-rose m'a donné des résultats si sensibles que la force, traduite en pression, qui fait pénétrer l'eau dans les racines, ne doit être que bien faible; en effet, un surcroît de pression de quelques centimètres d'eau augmente notablement la quantité d'eau absorébe.

« Si l'on veut bien me permettre de juger du phénomène au point de vue de la théorie de Bœhm, les deux forces qui concourent à l'absorption de l'eau sont sont l'osmose et la différence de pression entre l'air contenu dans le bois et l'atmosphère. Or l'osmose tendant toujours à remplir d'eau les éléments actifs du bois, par conséquent à augmenter la pression de l'air qu'ils contiennent et à diminuer la différence entre la pression de l'air extérieur et de l'air intérieur, ces deux forces se réduisent en définitive à une seule exprimée par cette différence de pression.

« Il paraît probable que la quantité d'eau qui pénètre dans la plante est proportionnelle à la pression, toutes choses étant égales d'ailleurs.

« Si cela est vrai, nous aurons, H étant la pression atmosphérique, p et p' les

pressions ajoutées artificiellement à H, h la pression de l'air contenu dans les éléments du bois actif, a et b respectivement les quantités d'eau absorbées pendant l'unité de temps,

$$\frac{H + p - h}{H + p' - h} = \frac{a}{b},$$

d'où

$$h = \frac{(a - b)\, H + ap' - bp}{a - b}.$$

« En faisant agir les pressions extérieures de $H + 53^{cm}$ et de $H + 12^{cm}$, j'ai obtenu respectivement des absorptions de 1,00 et de 0,40 par minute.

« On aura donc, en exprimant H en centimètres d'eau,

$$h = \frac{60 \quad 1034 + 100 \times 12 - 40 \times 53}{60} = 1019 = H - 15^{cm}.$$

« En appliquant les pressions de H + 53 et de H + 19 cm, on a observé les absorptions de 1,00 et de 0,40 par minute, ce qui donne de la même manière pour h

$$h = 1020 = H - 14.$$

« Il est donc clair que la pression de l'air compris dans les éléments ligneux de la base de la plante est voisine de la pression atmosphérique, et ordinairement inférieure à cette pression d'une faible colonne d'eau.

« Des expériences multipliées m'ont prouvé, d'ailleurs, qu'elle est très variable et qu'elle peut, dans certains cas, quoique rarement, dépasser la pression atmosphérique.

« Voici en résumé les conclusions de ce travail :

« 1° L'absorpion de l'eau par les racines du Laurier-rose dépend de la pression extérieure; elle paraît augmenter proportionnnellement à la différence entre la pression extérieuee et la pression de l'air contenu dans le corps ligneux des racines.

« 2° L'osmose ne paraît pas toujours être bien active; car, en diminuant la pression atmosphérique d'environ 60 centimètres d'eau, on parvient à arrêter l'absorption.

« 3° Dans les conditions où j'ai opéré, la pression de l'air intérieur n'est pas très éloignée de celle de l'atmosphère. Elle lui est ordinairement inférieure de 0 à 9 centimètres de mercure; on n'a observé qu'un seul cas d'une pression intérieure dépassant celle de l'atmosphère de 1 centimètre de mercure.

« 4° L'effet de la pression sur le Laurier-rose est assez sensible pour qu'un brusque changement de la pression barométrique porte un trouble notable dans l'absorption dans l'eau par les racines.

« 5° La Fève (plante herbacée) est beaucoup moins influencée par la pression extérieure, sous le rapport de l'absorption de l'eau par les racines, que le Laurier-rose (plante ligneuse). Cette influence existe cependant, mais elle passe ordinairement inaperçue au milieu des fluctuations causées par les variations de la transpiration ou par d'autres causes secondaires. »

Séance du 1er octobre 1883.

G. Kunstler. *Recherches sur les Infusoires parasites. Sur quinze Protozoaires nou-*

veaux. — « Découvert par Donné, étudié par Kolliker, Scanzoni, Haussmann, Bennig, Leuckart, etc., le *Trichomonas vaginalis* est l'un des Protozoaires les moins bien connus ; les descriptions qui en ont été publiées par les auteurs dont je cite ici les noms n'ont été reproduites qu'avec la plus grande réserve par certains micrographes ; cette prudente manière d'agir est pleinement justifiée par mes recherches.

« J'ai observé le *Trichomonas vaginalis* à l'hôpital de la ville de Bordeaux, et c'est à la parfaite obligeance de M. le professeur Pitre que je dois d'avoir pu l'étudier. Cet organisme a une forme assez changeante et se présente sous des aspects variés; elle peut être fusiforme, piriforme, ovoïde, globuleuse ou contournée en spirale. Ces modifications de sa configuration extérieure se succèdent plus ou moins rapidement sous l'œil de l'observateur; fréquemment, on observe l'existence de véritables pseudopodes répandus sur toute la surface du corps, ou plus souvent localisés à son extrémité postérieure, d'une manière analogue à ce qui se voit chez certaines Cercomonades. Son extrémité antérieure porte quatre flagellums accolés entre eux à la base dans une étendue variable, ce qui les rend très difficiles à distinguer les uns des autres. L'être progresse en tournant autour de son axe longitudinal. Du point d'insertion de ces flagellums part une membrane crénelée se dirigeant vers l'extrémité postérieure du corps et animée d'un très rapide mouvement ondulatoire; cette expansion mobile à été a tort prise pour une rangée de cils vibratiles; ses dimensions sont peu considérables, et il est difficile de la reconnaître dans les préparations. Cette membrane est fixée dans toute l'étendue de son bord basilaire sur une côte longitunrle s'étendant de l'extrémité antérieure du corps à son extrémité postérieure; cette côte se prolonge souvent en arrière en une queue pointue plus ou moins longue. A la base des flagellums se trouve l'ouverture buccale qui donne entrée dans un tube œsophasien d'aspect rigide et d'une rertaine longueur. Au côté de ce conduit, ou bien près de son extrémité inférieure, est placé un noyau quelquefois globuleux, mais plus fréquemment aplati et allongé. La totalité du protoplasma qui constitue le corps du *Trichomonas vaginalis* présente une structure vacuolaire, telle que je l'ai décrite dans de précédents Mémoires. Les vacuoles contiennent le plus ordinairement des granules très apparents.

« La Tortue bourbeuse est l'hôte d'un remarquable organisme qui me semble devoir être rangé dans le voisinage d'un être singulier que j'ai décrit autrefois sous le nom de *Giardia agilis*, en lui attribuant « dans les arrangements systéma- « tiques une place intermédiaire entre certains Schizomycètes (Vibrions, Spirilles) et « les Monades »; contrairement à ce qui a lieu pour la *Giardia agilis*, le parasite dont il est question est excessivement abondant dans l'intestin qu'il habite, et on peut l'y rencontrer en nombre immense. Son corps est formé de deux régions, l'une antérieure, renflée, l'autre plus mince, s'atténuant postérieurement, souvent prolongée en filament; cette sorte de queue joue le rôle d'un organe locomoteur. La région antérieure, d'apparence délicate, laisse voir facilement une structure vacuolaire, et elle est entourée d'un manchon lâche, plissé et bosselé; elle porte un énorme flagellum qui, à sa base, présente un diamètre presque égai à celui du corps, mais qui s'atténue rapidement et atteint une longueur remarquable. La striation de ce flagellum est très facilement mise en évidence par les réactifs. Cet

organisme paraît présenter un singulier mode de reproduction; des bourgeons se forment sur la portion antérieure du corps, puis semblent se détacher pour se transformer peu à peu en êtres parfaits. Dans le même intestin se trouve un autre Flagellé présentant une certaine ressemblance extérieure avec le *Chilomonas paramœcium*. De plus, on y remarque un autre être ressemblant à un Cercomonas ordinaire et paraissant habiter de préférence la vésicule biliaire. Dans le sang du même hôte se trouve un parasite fort rare, que je crois être très voisin du *Trypanosoma*.

« L'*Heteromita Lacertæ*, grossi (ou mieux peut-être le *Boda Lacertæ*), présente une bouche entourée d'un petit bourrelet circulaire et un tube œsophagien; son noyau présente le plus souvent une complexité de structure singulière et laisse voir des variations qu'il serait trop long d'énumérer. Corps à structure aréolée; reproduction par division transversale. Avec cet être vit, dans l'intestin du *Lacerta viridis*, un petit Flagellé piriforme à quatre longs filaments locomoteurs, à la base desquels se trouve un lobule qui donne entrée dans un court tube œsophagien. Sur le côté gauche du corps se voit une côte longitudinale.

« L'Hydrophile présente dans son intestin un petit être à quatre flagellums accolés à la base, pourvue d'un noyau et, à la région postérieure du corps, d'une grosse vacuole ressemblant à une vésicule contractile. Chez le même insecte se trouve une amibe; à l'état jeune, elle change de forme et émet des pseudopodes par toute sa surface; mais, lorsqu'elle a atteint son complet développement, elle est digitiforme, et ses mouvements sont localisés à la région antérieure du corps. Il existe un noyau et peut-être une vésicule contractile.

« Dans l'intestin des larves de Tipules, on trouve deux Flagellés, l'un globuleux, piriforme, à deux flagellums, l'autre allongé, tordu en spirale et possédant également deux filaments locomoteurs.

« La larve d'un Rhizotrogus présente un Flagellé costulé, très analogue à l'être que j'ai autrefois décrit chez le *Melalontha vulgaris*; il possède une bouche, un noyau, une queue, etc. Un autre Flagellé, globuleux, a quatre flagellums antérieurs, et un postérieur se trouve avec le précédent.

« Je signalerai encore l'existence d'un *Nyctotherus* de petite taille dans l'intestin de la larve de l'*Oryctes nasicornis*, d'un Flagellé dans la cavité générale du *Toxopneustes lividus*, d'un autre être du même groupe dans le tube digestif du Dytique, d'un *Trypanosoma* dans le sang du *Cavia*, et enfin d'une petite Planaire dans l'intestin du Solen. »

FERRY. *Sur la Lamproie marine*. — « Nous avons présenté à l'Académie, le 12 mars 1883, une Note dans laquelle nous exposions que la Lamproie marine se reproduit par voie d'accouplement. La présente Note contient le résumé de nos observations relatives au mode d'accouplement et à la conformation des organes de reproduction. Afin de lui donner plus de précision, nous y avons relaté les dates se rapportant à la remonte de l'année 1883, laquelle a été favorisée par la hauteur des eaux pendant les mois de mars et d'avril et nous a permis d'étudier un grand nombre de sujets.

« Nous avons ouvert une Lamproie femelle, prise dans la rivière d'Allier le 28 avril. Les œufs, encore loin d'être mûrs, se montrent sur les deux faces de

l'ovaire; ils ont la grosseur d'une graine de pavot et une teinte grise légèrement orangée; l'anus présente deux ouvertures distinctes.

« Nous avons étudié un mâle pris à la même époque; la laitance qui n'est pas mûre offre l'aspect d'une matière cérébrale; elle est disposée de la même manière que les œufs dans l'ovaire. Les conduits péritonéaux, ainsi que les deux uretères, débouchent dans la cavité d'un cloaque de forme ovale, d'un blanc rosé, qui reçoit également l'intestin. Ce réservoir n'a qu'une seule ouverture à l'extérieur; il contient l'organe nécessaire à la reproduction, lequel ne devient visible qu'à l'époque de l'accouplement.

« Enfin, le 20 mai, après une période de journées chaudes qui avaient hâté la maturité des œufs, nous avons appris qu'un passage de Lamproies avait lieu à Geugnon, dans l'Arroux, petite rivière qui se jette dans la Loire, près de Digoin (Saône-et-Loire); nous nous y sommes rendu immédiatement, et, favorisés par un temps calme et des eaux transparentes, nous avons pu étudier l'accouplement.

« Les lamproies se construisent de véritables nids; elles choisissent les endroits les plus rapides de la rivière, dont le fond est garni de cailloux assez volumineux; on les rencontre parfois et principalement de grand matin par groupes 8 à 10 individus; elles se collent la bouche sur l'un des cailloux à l'emplacement choisi, l'arrachent du lit, vont le déposer quelques mètres en arrière et répètent cette opération jusqu'à ce qu'elles aient creusé un trou circulaire dont le seuil opposé au courant est encore garni des gros cailloux formant le lit; les dimensions de ce nid varient de 0 m. 50 à 5 mètres de diamètre et 0 m. 30 à 0 m. 60 de profondeur, suivant le nombre des individus qui doivent s'en servir.

« La femelle se colle la bouche sur l'une des pierres du seuil, et son corps, repoussé par le courant, se fixe suivant la courbure intérieure du nid en se retournant légèrement. C'est alors que le mâle vient à son tour fixer sa bouche soit sur une pierre voisine, soit sur le dos de la femelle et que, favorisé par le courant, il arrive à s'accoupler avec elle. Un mâle saisi immédiatement après l'accouplement nous a permis de constater l'existence d'un organe faisant à l'extérieur une saillie de 10 millimètres, présentant la forme d'un petit cône de couleur rouge, extrêmement pointu, très favorable à la production; une simple pression des doigts sur le ventre, au moment de la capture, a produit une émission de laitance à 0. m 03 de distance.

« Les œufs, de même que la laitance, n'arrivent à maturité que successivement; nous avons pris des Lamproies dans lesquelles nous avons remarqué des œufs mûrs descendus dans la cavité abdominale, tandis que l'ovaire était encore, dans la partie la plus rapprochée du foie, garni d'œufs bien loin d'être arrivés à maturité.

« Il est donc certain que l'accouplement est plusieurs fois répeté pour le même individu et pendant plusieurs jours.

« Cet accouplement est de très courte durée, et l'on conçoit facilement qu'il en soit ainsi, puisque la quantité de laitance nécessaire à la fécondution se trouve réunie dans la partie de l'abdomen la plus rapprochée du foie et qu'il suffit d'une contraction de l'animal pour la chasser dans les péritonéaux qui la conduisent à l'extérieur.



« Les pêcheurs au courant des habitudes des Lamproies attendent que l'une d'elles se retire du nid pour la saisir, dans la crainte, au moment de l'entrelacement, de faire sauver toutes celles qui s'y trouvent réunies. La pêche se fait au moyen de pinces en bois ou en fer, d'après le mode indiqué par M. Blanchard (*Poissons des eaux douces de la France*, p. 514).

« La laitance suit dans la femelle, mais en sens inverse, la même marche que dans le mâle : les péritonéaux l'amènent dans la cavité abdominale, où se trouvent réunis les œufs arrivés à maturité.

« A cette période, les œufs, dont la grosseur varie de 8/10 à 9/10 de millimètre, offrent un aspect métallique; la teinte en est d'un gris bleuâtre; ils sont tenus en suspension dans un liquide incolore d'une grande fluidité.

« La fécondation est suivie d'une sorte d'incubation intérieure pendant laquelle la femelle recherche un endroit propice à la ponte et offrant à ses petits, au moment de l'éclosion, une habitation facile et une nourriture abondante, c'est-à-dire une eau relativement calme et un fond de sable gras qu'ils puissent fouiller aisément.

« Aucune de ces conditions ne se trouverait remplie par les nids que nous avons étudiés; la vitesse du courant y varie de 1 m. 20 à 1 m. 25; les œufs libres et petits de la Lamproie, s'ils étaient disposés sur ces fonds rapides, seraient immédiatement dispersés et entraînés au loin.

« Nous avons exposé la marche suivie par les œufs pour passer de l'intérieur à l'extérieur; si l'on veut provoquer soi-même la ponte des œufs d'une Lamproie pêchée au moment favorable, il est nécessaire de saisir l'animal par la queue, afin de ramener les œufs vers le foie, de placer le poisson sur une table et d'opérer ensuite une légère pression sur le ventre, en appuyant de bas en haut et en allant de la tête vers la queue.

« Nous dirons, en terminant, que nous avons trouvé chez quelques sujets, tant mâles que femelles, une disposition qui favorise la fécondation et la ponte; chez ces privilégiés, les péritonéaux sont placés à la partie inférieure de la cavité abdominale, les pavillons vis-à-vis de la pointe du foie; ils suivent cette partie inférieure, traversent le corps diagonalement, puis viennent se rattacher à la partie supérieure qu'ils suivent pour redescendre ensuite directement à l'anus. »

Laugier. *Sur les chenilles des fleurs de citronnier.* — « J'ai l'honneur de signaler à l'Académie les ravages, à Menton, d'une chenille qui ronge les boutons à fleurs et les fleurs du citronnier. Nous avons observé pour la première fois cette chenille dans le courant du mois d'août 1882.

« Le papillon que nous a donné cette chenille, dans nos éducations, à la station agronomique de Nice, paraîtrait, d'après les recherches faites avec le concours de M. Poujade, préparateur au Muséum, identique à celui qui a été décrit, il y a quelques années, par M. Millière, sous le nom d'*Acrolepia citri*, et dont les chenilles avaient été trouvées seulement dans l'écorce de fruits de cédratiers venant de Corse. Ces fruits de cédratier avaient été envoyés à M. Milne Edwards et transmis par lui à M. Millière. Il en résulterait que nous aurions signalé, le premier, les ravages sur les fleurs du citronnier des chenilles de ce

papillon et son existence dans les Alpes-Maritimes. Le développement de ces papillons est très rapide, et plusieurs générations se succèdent, d'après nos observations, dans l'année, sur les citronniers. Heureusement, leur évolution est entravée par un insecte parasite, appartenant à l'ordre des Hyménoptères, que nous avons obtenu de plusieurs chrysalides, dans nos éducations. D'après M. Poujade, ce parasite, du genre *Elasmus*, n'aurait pas encore été signalé, du moins en tant que parasite de l'*Acrolopia citri*. Nous espérons pouvoir continuer, cette année, nos recherches sur la chenille des fleurs du citronnier et les moyens de combattre ses ravages. »

Séance du 8 octobre 1883.

D. Clos. *De la symétrie des racines dites adventives.* — « On admet, en général, une différence tranchée entre les radicelles nées sur le pivot de la plante dicotylédone où elles sont ordinairement disposées en séries rectitlignes, et les racines dites *adventives*, comprenant à la fois, d'une part les racines des Acotylédones acrogènes et des Monocotylés et d'autre part celles qui, chez les Dicotylés, apparaissent sur tout autre point que le pivot ou ses divisions.

« Cependant, on avait déjà constaté que, chez quelques plantes, les racines caulinaires se montrent en des places invariables. Ces faits ne pouvaient point être exceptionnels : ils témoignaient que ces racines devaient obéir, elles aussi, à la loi de symétrie qui régit tous les organes des êtres vivants.

« Il y avait donc lieu de multiplier les recherches à cet égard, de déterminer avec soin et de comparer les divers modes de position qu'affectent ces racines, de voir enfin s'il était possible d'assigner un ou plusieurs types de symétrie rhizotaxique à certains genres et même à quelques familles.

« Bien que la plupart de ces racines caulinaires émanent des nœuds vitaux de la plante, en rapport soit avec la feuille, soit avec le bourgeon axillaire, à l'égard desquels elles offrent de notables variations, il en est qui se développent sur les entrenœuds ou mérithalles.

« Voici quelques-unes des principales modifications que présentent dans leur arrangement les racines nodales et qui permettent de les diviser en :

« 1° *Latéro-foliaires* : au bord de la feuille, et, soit d'un seul côté, cette feuille étant aérienne, ex. : *Sedum album*, ou souterraine et écailleuse, ex. : *Berberis cretica;* soit des deux côtés, ex. : *Aristolochia rotunda*.

« 2° *Sous-foliaires*, soit une seule, au-dessous du point d'insertion de la feuille : *Muehlenbeckia complexa;* soit plusieurs en verticille, au-dessous de la gaine : *Houttuynia cordata*.

« 3° *Sous-stipulaires* : *Modiola caroliniana,* où les rameaux, appliqués sur le sol, en émettent une de leur face inférieure au-dessous de la stipule.

« 4° *Axillo-foliaires*, aux aisselles, soit des feuilles aériennes : *Crassula perfossa;* soit des écailles-feuilles souterraines : *Mahonia Aquifolium*.

« 5° *Axillo-stipulaires* : la grande Ortie m'a offert sur ses rejets une racine à l'aisselle de chaque stipule.

« 6° *Latéro-gemmaires*, en rapport avec le bourgeon axillaire, soit d'un seul

côté : *Calystegia sepium;* soit de l'un et de l'autre : *Spiræa sorbifolia;* parfois, les feuilles étant opposées, un seul des deux bourgeons axillaires a une racine latérale, et alternativement à droite et à gauche : *Paronychia capitata.*

« 7° *Sus-gemmaires*, immédiatement au-dessus du bourgeon axillaire : *Lythrum Salicaria, Lysimachia verticillata.*

« 8° *Sous-gemmaires*, au-dessous de chaque bourgeon, dans la partie enterrée des rameaux : *Équisétacées*, *Menispermum canadense.*

« Il est bien d'autres types encore de dispositions régulières des racines caulinaires; mais les exemples que je viens de citer suffisent pour démontrer que, dans la plupart des cas au moins, la qualificatiou d'*adventives* ne leur convient pas et consacre une erreur. J'ai pu les étudier dans les plantes appartenant à plus de soixante-dix familles et considérer isolément, à ce point de vue, chacun de ces groupes naturels. L'exposé détaillé de ces groupes, qui font suite à mes deux Mémoires publiés sur la *Rhizotaxie*, est l'objet d'un travail en ce moment à l'impression. »

Dehérain et Maquenne. *Sur les produits de la fermentation du sucre de canne provoquée par la terre arable.* — « En recherchant l'an dernier à quelle cause devait être attribuée la réduction des nitrates dans la terre arable, nous avons reconnu qu'elle était due à l'action d'un ferment anaérobie et qu'elle était accompagnée d'une dégagement d'azote et de protoxyde d'azote.

« Quand on ajoute, à la terre arable, de la craie et un hydrate de carbone, comme le sucre de canne, et qu'on maintient le mélange complètement immergé dans l'eau à une température de 35°, on obtient un dégagement de gaz très abondant, formé d'hydrogème et d'acide carbonique, et le liquide renferme des proportions notables d'acide butyrique.

« Pour connaître plus complètement les produits formés dans cette fermentation, nous avons mélangé, dans un grand vase renfermant environ 30 litres d'eau, 1 kilogramme de sucre, 1 kilogramme de craie et 1 kilogramme de terre de jardin; la température a été maintenue à l'aide d'un régulateur à gaz entre 35 et 40°. La fermentation, d'abord assez active pour provoquer le débordement du liquide, se calme peu à peu, et cesse un mois environ après le commencement de l'expérience : tout le sucre disparaît; au début, le gaz dégagé est de l'hydrogène presque pur, des doses croissantes d'acide carbonique s'y ajoutent peu à peu.

« 20 litres du liquide décanté ont été soumis à la distillation, et le produit obtenu a été rectifié à deux reprises différentes à l'aide de l'appareil à boules de MM. Le Bel et Henninger; l'addition du carbonate de potasse a séparé du liquide distillé une couche d'alcools qui ont été rectifiés de nouveau après dessiccation sur du carbonate de potasse; on a recueilli ainsi, de 78 à 80°, environ 10 centimètres cubes d'alcool qui, mélangé à du chlorure d'acétyle, a donné l'odeur caractéristique de l'éther éthylacétique.

« En continuant la distillation, nous avons vu la température s'élever rapidement jusque vers 106°, et, de cette température jusqu'à 140°, on a recueilli 4 ou 5 centimètres cubes d'un mélange qui, encore traité par le chlorure d'acétyle, a donné l'odeur dominante de l'acétate d'amyle.

« Les liquides renfermaient donc, non seulement de l'alcool éthylique, mais, en outre, de petites quantités d'alcools supérieurs, y compris peut-être l'alcool hexylique, puisque la distillation ne se termine qu'à 140°.

« Pour rechercher les acides volatils saturés par la chaux de la craie ajoutée au mélange, le résidu de la distillation a été évaporé jusqu'à siccité, puis distillé avec un mélange d'acide sulfurique et d'alcool. Après agitation avec du chlorure de calcium, on a pu séparer une couche d'éthers à odeur de fruit qui ont été rectifiés dans l'appareil à boules.

« De 70° à 79°, on a recueilli environ 100 centimètres cubes d'éther acétique; le thermomètre monte ensuite rapidement jusqu'à 95°; de cette température à 102°, on a recueilli 25 centimètres cubes d'éther propionique; de 102° à 115°, il n'a passé que quelques gouttes de liquide, tandis que de 115° à 122° tout le reste a distillé; on a obtenu, dans cette dernière partie de la distillation, environ 100 centimètres cubes d'éther butyrique.

« Les éthers acétique et butyrique ont été reconnus à leur odeur et leur point d'ébullition. Quant au liquide passant vers 100°, point d'ébullition de l'éther propionique, on l'a saponifié, puis on a décomposé le sel fourni par l'acide sulfurique et l'on a obtenu un acide volatil passant de 135° à 139°, présentant une odeur qui rappelle à la fois celle de l'acide acétique et celle de l'acide butyrique, et qui nous paraît être l'acide propionique.

« Il s'est donc formé, pendant cette fermentation, les trois principaux acides de la série grasse sans acides supérieurs.

« La méthode précédente ne nous permettait pas d'apprécier la proportion totale de ces acides; pour la déterminer, on a distillé une portion du liquide brut avec de l'acide phosphorique et de l'eau qu'on a renouvelée tant que les vapeurs ont été acides.

« Un essai acidimétrique nous a montré que les 30 litres du liquide primitif renfermaient 247 grammes d'acide évalué en acide sulfurique anhydre, ce qui correspondrait à environ 450 grammes d'un mélange en parties égales d'acide actiqucide butyrique.

« *Conclusions.* — Les ferments de la terre arable agissant sur du sucre de canne à 55°, en présence du carbonate de chaux et à l'abri du contact de l'air, fournissent donc les produits suivants :

« 1° De petites quantités d'alcool éthylique et des quantités plus faibles encore d'alcools supérieurs;

« 2° Des proportions d'acide acétique, butyrique et propionique, les deux premiers beaucoup plus abondants que le dernier, telles qu'elles représentent à peu près la moitié du sucre emplyé. Le ferment dominant est donc, comme nous l'avons dit l'an dernier, de l'ordre des ferments butyriques. »

Séance du 15 octobre 1883.

J. VESQUE. *Du rôle des vaisseaux ligneux dans le mouvement de sève ascendante.* « M. Sachs maintient, en opposition à la théorie atmosphérique, sa théorie d'imbibition, suivant laquelle le courant ascendant de l'eau provoqué par la transpi-

1. *Comptes rendus*, t. XCV.



ration n'aurait son siège que dans l'épaisseur même des parois des éléments du bois et en vertu de la seule force moléculaire de l'imbibition, *principiellement* distincte, selon lui, de la capillarité. Les parois lignifiées des bois n'exigeraient, pour se saturer, qu'une faible quantité d'eau; mais cette eau, quoique retenue avec une très grande force, serait infiniment mobile, et son poids serait détruit par les attractions moléculaires.

« D'après M. Sachs, une des propriétés de cette imbibition consiste en ce qu'il est impossible de pousser de l'eau sous pression à travers la masse imbibée, parce que celle-ci, saturée d'eau dans toutes ses parties, se refuse à en prendre de nouvelles quantités. Sans vouloir insister davantage, en ce moment, sur cette question de Physique, je crois devoir exprimer des doutes sur l'imperméabilité d'un corps imbibé formant diaphragme dans la branche horizontale qui relie deux vases communiquants.

« Partant des idées de M. Sachs, M. Jean Dufour, l'un des savants du laboratoire de Würtzbourg, vient de contester la valeur des expériences de M. Elfving. Voici, en quelques mots, quelles sont ces expériences : un morceau de bois frais est injecté de beurre de cacao fondu à 25°; toutes les cavités cellulaires du bois étant ainsi bouchées par la matière grasse figée, ce bois est devenu imperméable à l'eau sous pression. M. Elfving en conclut que l'eau ne peut pas se mouvoir dans l'épaisseur des parois cellulaires, mais qu'elle passe nécessairement de cellule en cellule.

« M. J. Dufour fait remarquer que, pour s'assurer de l'imperméabilité de ce bois injecté, il aurait fallu soustraire de l'eau à l'une de ses extrémités, au lieu d'essayer d'en faire absorber à l'autre. C'est ce que j'ai réalisé de la manière suivante.

« Des feuilles de Topinambour, des rameaux de la même plante, des rameaux de Troène, de Saule et de Vigne, coupés sous l'eau, sont injectés à la base, et sur une longueur de 0 m. 01 à 0 m. 02, de beurre de cacao fondu à 25°. Cette injection se fait spontanément en plongeant la section des rameaux ou des pétioles dans la matière grasse, par le simple effet de la transpiration. La section qui a été en contact avec le beurre de cacao est ensuite rafraîchie sous l'eau à l'aide d'un rasoir.

« Les feuilles et les rameaux soumis à cette opération se sont tous fanés et desséchés, tandis que les témoins non injectés sont restés frais et vigoureux. Le beurre de cacao n'ayant pénétré que dans les vaisseaux, il est prouvé que ces canaux sont nécessaires pour que l'eau puisse pénétrer dans les rameaux placés dans ces conditions.

« M. J. Dufour a fait une autre série d'expériences en pliant des rameaux de Saule sur eux-mêmes, à angle aigu, de manière que les cavités des vaisseaux et des autres éléments histologiques du bois fussent, sinon oblitérées, du moins rendues imperméables à l'eau sous pression. Il a constaté, ainsi que M. Sachs l'avait fait avant lui, que ces rameaux restent frais et continuent à végéter sans accident.

« Cette expérience n'est pas concluante, parce que les vaisseaux ne sont pas bouchés, et, quand même ils le seraient, cette oblitération ne porte pas sur une

assez grande longueur pour que la masse cellulosienne devienne imperméable à l'eau. Je lui oppose l'expérience suivante :

« Un rameau de Saule, tenant à l'arbre, a été écrasé à sa base, sur une longueur de quelques millimètres, entre les mors d'une pince plate. Ce rameau, dont les cavités cellulaires étaient en grande partie oblitérées, s'est immédiatement fané.

« M. Dufour reproche enfin à la théorie atmosphérique de ne pas expliquer l'ascension de l'eau à une hauteur supérieure à 10 mètres.

« J'accepte cette objection en principe, mais à deux conditions : 1° que nous ne comptions, pour parfaire les 10 mètres, que les longueurs des index d'eau suspendus dans les éléments ligneux, car l'eau qui recouvre latéralement les parois est maintenue par capillarité et pèse, non sur la colonne suspendue, mais sur le squelette de la plante; 2° que la pression de l'air contenu dans les éléments de la base de la plante ne dépasse pas l'atmosphère.

« En supposant qu'un cinquième seulement de la longueur des éléments ligneux est occupé par de l'eau, on arrive ainsi à la hauteur de 50 mètres, assurément fort jolie pour un arbre.

« J'ai montré, en outre, que la pression de l'air inclus peut fort bien dépasser la pression atmosphérique; d'un autre côté, nous ne connaissons pas la pression de l'air du sol humide, à la profondeur où se trouvent les extrémités actives des racines. Il est certain que, le sol étant imbibé d'eau, ces deux causes combinées peuvent amener facilement dans le bois des racines une pression de 2 atm. et au delà, ce qui nous explique la taille gigantesque du *Sequoia gigantea Eucalyptus.* »

Séance du 22 octobre 1883.

WALTER R. BROWNE. *Discussion des causes auxquelles on doit attribuer le mouvement des glaciers.* — On admet en général que la fusion de la glace, sous l'influence de la pression, constitue la cause première du phénomène, mais on n'a pas encore démontré l'existence d'une pression suffisamment grande pour produire cet effet, et dès lors l'explication pèche par sa base.

« Les principaux faits à expliquer sont les suivants : 1° les phénomènes du mouvement d'un glacier sont ceux que présente une masse solide en voie d'écoulement ; 2° l'explication pour être probante, devra s'appliquer aussi bien aux immenses glaciers de la période glaciaire qu'aux glaciers actuels des Alpes et des régions arctiques; 3° les glaciers se déplacent en hiver et en été, pendant la nuit et pendant le jour.

« Les seules expériences que nous connaissons sur la résistance de la glace sont dues à Moseley, et elles établissent qu'une charge de 8 kilogrammes par centimètre carré environ est nécessaire pour en déterminer la rupture. On arrive d'ailleurs à une évaluation presque identique si l'on fait remarquer qu'il existe des aiguilles de glace, soit dans les glaciers, soit dans les *icebergs*, qui s'élèvent au moins à 100 mètres de hauteur.

« Au point de vue de l'inclinaison du sol, on arrive aussi à reconnaître que, pour une pente de 1/4, il faudrait de même une épaisseur de 100 mètres pour déterminer le glissement. Il y a cependant beaucoup de glaciers qui n'ont ni 100 mètres



de hauteur, ni même une inclinaison de 1/40, et qui cependant sont constamment en mouvement.

« Au reste, toutes les théories proposées sont insuffisantes, au moins sous quelque point de vue, ainsi qu'il est facile de le constater par l'énumération des explications proposées : 1° le glacier glisse simplement sur son lit comme une masse solide; cette assimilation ne rend pas compte de ce que le mouvement est plus rapide en certains points; 2° le glacier cède à l'action de son propre poids comme une masse solide, dans la période qui précède la rupture et qui a été nettement indiquée par M. Tresca, sous le nom de *période de fluidité*; 3° le glacier se meut par suite de ruptures qui se produisent dans le voisinage de sa base; mais M. Moseley a fait voir que la résistance à la rupture est incomparablement plus grande que la résistance de la glace au cisaillement; 4° le glacier se meut par suite de la fusion de sa base au contact des roches sur lesquelles elle repose; cette explication, qui est celle de M. Hopkins, est déduite d'une expérience faite sur un bloc de glace reposant sur une ardoise légèrement inclinée : tout au plus pourrait-elle s'appliquer aux bords du glacier, mais non dans le fond; 5° suivant Tyndall, Cloll et autres physiciens, la descente du glacier se produirait par une liquéfaction déterminée par la compression : l'eau coulerait vers l'aval et serait de suite recon gelée, mais il faudrait pour cela que toutes les parties du fond fussent soumises à une pression suffisante; et cependant la pression de chaque atmosphère ne fait varier le point de fusion que de 0°,0042 : il faudrait une hauteur de glace de 2500 mètres pour faire varier la température de 1° seulement.

« Toutes ces explications ont cela de commun, qu'elles considèrent exclusivement la gravité comme l'agent direct du mouvement. La seule cause à laquelle on puisse raisonnablement attribuer le mouvement des glaciers est la chaleur. Cette suggestion a été longuement développée par Mosely. Le phénomène serait ainsi dû à ce que le coefficient de dilatation de la glace est très grand, 0,0000158 par degré C.; la masse s'allonge pour toute élévation de température, et la pente du lit facilite cet allongement à se manifester du côté de la base; la masse ne saurait s'élever lors de la contraction suivante, due à un nouveau refroidissement, et le résultat final se trouverait être un abaissement général. La controverse soulevée par les vues du célèbre mécanicien a été interrompue par sa mort, en sorte que deux objections principales subsistent encore. On a fait remarquer qu'un glacier interrompu par des crevasses diffère beaucoup d'une masse continue et ne ressemble que de bien loin à la plaque de plomb sur laquelle les expériences de Moseley ont été faites; si ces crevasses se traduisaient par une solution complète de continuité, cet argnment aurait peut-être quelque valeur, mois on ne saurait mieux expliquer leur formation que par la flexion de la masse de glace sur un lit convexe, auquel cas la séparation ne se prolongerait tout au plus, en raison de la courbure, que jusqu'au milieu de l'épaisseur. On a dit aussi que l'action de la chaleur ne pouvait s'étendre par voie de conductibilité jusqu'aux couches inférieures; mais le résultat serait encore le même, au moins quant au sens dans lequel les mouvements seraient effectués.

« Une objection plus sérieuse demande à être examinée : elle consiste en ce que, s'il en était ainsi, on aurait dû constater des abaissements et des relèvements

alternatifs dans la marche du phénomène. L'observation directe n'a rien appris à cet égard, mais n'est-on pas en droit de faire remarquer, d'une part, que les observations n'ont jamais été faites à des intervalles très rapprochés; d'autre part, que ces alternatives ne peuvent manquer d'être très atténuées, quant à leur étendue, à la partie inférieure du glacier? Tout récemment, M. le Dr Schuster a fait connaître à l'Association britannique que les mouvements des glaciers sont beaucoup plus variables, du jour au lendemain, que l'on n'était porté à le croire.

« J'appellerai encore l'attention sur quelques circonstances qui trouvent une interprétation favorable dans les effets de la chaleur, sans être aucunement expliqués dans la théorie de la gravitation.

« 1° Il est bien établi que les glaciers qui débouchent d'une gorge étroite dans une vallée beaucoup plus large s'y épanouissent en forme d'éventail : c'est ce qui se présente notamment au glacier du Rhône et surtout dans celui de Norwège signalé par M. le professeur Jexa. L'action de la gravité ne saurait rendre compte de cet épanouissement, tandis que la dilatation, en s'exerçant dans toutes les directions, en donne la véritable raison.

« 2° Il en est de même relativement aux crevasses longitudinales que l'on observe sur les bords des glaciers, particulièrement dans les parties où ils s'élargissent; ces crevasses, dues à la convexité du profils tranversal du lit, ne peuvent être dues à l'action de la pesanteur.

« 3° Les stries si profondément gravées sur les roches d'encaissement des anciens glaciers ne sembleraient-elles pas confirmer les mouvements alternatifs dont il vient d'être question, alors qu'il est difficile d'admettre que ces stries aient pu être produites jusqu'à une telle profondeur, et en une seule fois, par le passage d'une pierre dure empâtée dans la masse glacée?

« A titre de conclusion, j'ajouterai que les partisans de la théorie de la gravitation sont inhabiles à expliquer ce que devient l'énergie calorifique importée à un glacier par la radiation solaire; cette énergie est la même, quelle que soit la température de l'air; cependant le glacier ne fond pas, et il ne paraît pas déraisonnable d'admettre que cette énergie se trouve utilisée à produire la descente graduelle de la masse, au moyen de nombreuses alternances d'expansion et de contraction. »

Séance du 29 octobre 1883.

G. Hermann. *Sur la spermatogénèse des Crustacés Podophtalmes, spécialement des Décapodes.* — « Dans ces Crustacés, les ovules mâles contenus dans les tubes testiculaires fournissent, par voie de *segmentation*, un certain nombre de *spermatoblastes*, dont chacun donnera naissance à un spermatozoïde. La formation de ce dernier débute, comme chez les Vertébrés, par l'apparition d'un *nodule céphalique* dans le spermatoblaste, au contact du noyau et au pôle antérieur de ce dernier. Ce nodule se transforme en une *vésicule* transparente, ayant d'abord la forme d'un segment de sphère appliqué sur le noyau, et s'élargissant ensuite progressivement pour devenir sphérique. Au pôle antérieur de cette vésicule (c'est-à-dire au point le plus éloigné du noyau) apparaît bientôt une sorte d'excrois-

sance de la paroi, faisant saillie dans la cavité sous forme d'une petite éminence conique et arrondie; peu après, se montre au pôle postérieur une autre saillie qui revêt l'aspect d'un mince bâtonnet. Ces deux excroissances s'allongent, s'avancent ainsi à la rencontre l'une de l'autre et ne tardent pas à se fusionner, pour former une *colonne centrale* qui s'étend du pôle antérieur au pôle postérieur, dans l'axe de la vésicule céphalique. Cette colonne se colore d'une manière intense par les réactifs dans les premiers stades; plus tard, elle se termine à chaque bout par une sorte de goulot ouvert à l'extérieur et semble alors formée par invagination de la paroi vésiculaire. Chez beaucoup de Crustacés, elle reste creuse, en tout ou en partie, jusqu'à la fin du développement.

« Sur les *Décapodes brachyures* (*Maia*, *Stenorhynchus*, *Xantho*, *Portunus*, *Carcinus*, *Atelecyclus*, *Pisa*) la vésicule céphalique prend généralement la forme d'une cloche, dont la colonne figurerait le battant et dont la partie convexe est en rapport avec le noyau dans lequel elle s'enfonce peu à peu. Finalement le noyau l'enveloppe de toutes parts, à l'exception de sa face basilaire ou antérieure sur laquelle vient s'ouvrir le goulot antérieur de la colonne. La substance nucléaire recouvre alors la vésicule sous forme d'une calotte hémisphérique; bientôt les bords de cette calotte émettent une série de prolongements effilés, variables comme nombre et comme dimension. Ainsi se produit, pour le spermatozoïde vu de face, l'aspect dit de *cellule radiée*; lorsqu'il est vu de profil, sa forme rappelle à s'y méprendre celle d'une petite Méduse.

« Le corps de la cellule spermatoblastique, déjà réduit à l'état de vestige au moment où apparaît le nodule primitif, semble avoir complètement disparu dès les premières phases de l'évolution.

« Chez la plupart des *Macroures*, la vésicule céphalique s'allonge d'une façon notable, ainsi que la colonne centrale. Au lieu de s'enfoncer dans le noyau, elle y reste simplement contiguë par sa portion basilaire. Au point de contact, existe un *collier* formé d'une substance opaque et homogène; nous n'avons pu déterminer s'il dérive du reste du corps cellulaire, ou si c'est une formation spéciale dépendant de la paroi de la vésicule céphalique. D'abord annulaire, il prend bientôt la forme d'une plaque triangulaire, dont les trois angles s'étirent en pointes pour former trois prolongements effilés et rigides. Ces phénomènes fondamentaux sont constants, mais la forme définitive de la vésicule céphalique varie beaucoup suivant les espèces : dans le *Homard*, elle constitue un manchon cylindrique autour d'un axe central en forme de colonne dorique creuse; sur les *Pagures*, ces deux parties représentent deux cônes creux allongés, à section ogivale, emboîtés l'un dans l'autre. Ailleurs, la vésicule s'applique intimement sur la colonne centrale, avec laquelle elle paraît se confondre pour constituer une sorte de prolongement plein et très réfringent; celui-ci revêt la forme d'un gland allongé, supporté par un pédicule mince chez les *Galathées*, etc. L'épine acérée du *Crangon*, fixée sur la partie centrale d'un disque réfringent, et la tête, en forme d'haltère, de la *Porcellana* reconnaissent une origine analogue. L'*Astacus fluviatilis* se rapproche plutôt des Brachyures, car les nombreux prolongements que présentent les spermatozoïdes émanent du noyau du spermatoblaste; mais la vésicule céphalique n'est pas en rapport aussi intime avec le noyau, et la colonne centrale

est représentée par un large conduit, ce qui donne à la cloche céphalique l'aspect d'un anneau. A côté de ce dernier, se voit un corps réfringent irrégulier qui paraît provenir du segment antérieur du corps cellulaire.

« Il est à remarquer que, en raison d'une sorte de condensation progressive de leur substance, les spermatozoïdes adultes présentent chez tous ces animaux un volume moindre, et souvent aussi une structure plus simple que les formes passagères qui caractérisent l'évolution des spermatoblastes.

« Le mode de formation des prolongements et leur nombre fixe ou variable semblent établir deux types assez nettement différenciés, pour les Crustacés marins que nous avons examinés. Mais l'étude dn développement nous montre une série de formes transitoires, qui nous permettent de saisir nettement les liens de parenté unissant entre elles les formes adultes si dissemblables à première vue : c'est ainsi que les spermatozoïdes de la Langouste se réduisent au noyau du spermatoblaste muni de son nodule céphalique excavé au pourtour duquel sont fixés trois minces prolongements. Les Brachyures nous offrent ensuite des formes de plus en plus complexes, et l'on arrixe au maximum de complication chez les autres Macroures (Homard, Galathée), les formes transitoires de certaines espèces se rapprochant très sensiblement des formes parfaites d'autres espèces plus ou moins voisines [1].

On pourrait résumer ainsi, pour les Crustacés podophtalmes, dans une sorte de tableau généalogique, les rapports de parenté morphologique existant entre les spermatozoïdes des différents groupes. Même en tenant compte des faits que nous avons pu constater plns récemment sur les Crustacés édriophtalmes et les Mollusques céphalopodes, on est amené à trouver, dans le spermatoblaste (gemme ou cellule) muni de son noyau que surmonte le nodule céphalique primitif, un point de départ commun à tous les animaux dont la spermatogénèse a été étudiée d'une manière précise jusqu'à ce jour.

« On aurait ainsi un certain nombre de types, rameaux issus d'un même tronc, et les séries actuellement connues (Vertébrés, Crustacés) nous permettent de prévoir le moment où il sera possible d'étendre ces comparaisons au règne anima tout entier. Mais il est facile de voir, dès à présent, que les variations de forme des éléments figurés du sperme obéissent à des lois déterminées, analogues à celles qui nous ont été révélées par les études de morphologie générale en Zoologie.

« Notons enfin l'existence des spermatoblastes et des spermatozoïdes monstrueux, les uns doubles, les autres ayant suibi des arrêts de développements, observés sur le *Stenorhynchus phalangium* et sur l'*Astacus fluviatilis*. »

YVES DELAGE. *Sur l'anatomie et la physiologie de la Sacculine à l'état adulte.* — « Malgré de nombreux travaux sur la Sacculine et sur les genres voisins *Peltogaster* et *Lernœodiscus*, nos connaissances positives sur l'organisation de ces êtres sont très peuavancées; les hypothèses au moyen desquelles on a cru pouvoir combler les lacunes laissées par les faits sont toutes fort éloignées de la vérité.

1. C. Grobben (*Mannliche Geschlechtsorgane der Dekapoden*, Wien, 1878) a déjà signalé ces analogies et nous avons eu l'occasion d'établir des rapprochements de même ordre pour les Vertébrés dans un précédent Mémoire, sur la spermatogénèse des Sélaciens.

« La Sacculine se compose de deux parties, l'une extérieure, l'autre intérieure au Crabe. Celle-ci se compose des tubes et de la *membrane basilaire.*

« *Membane basilaire.* — C'est une sorte de sac aplati, étalé sur l'intestin du Crabe ; il donne naissance par ses bords aux tubes et par sa face superficielle au pédicule de la Sacculine. Cette membrane est revêtue d'une mince couche chitineuse, qui se continue sur les tubes. Ses parois sont formées d'une couche de grosses cellules, étirées à leur partie profonde en prolongements filiformes ramifiés. Toute la cavité du sac est remplie par un tissu caverneux, formé de cellules transformées en fibres sans cesse ramifiées et anastomosées. Les tubes sont des extensions cylindriques de la membrane. Ils ont la même structure qu'elle. Ils sont répandus dans tout le corps du Crabe et sont toujours situés, de même que la membrane, dans la cavité générale. Jamais ils ne pénètrent dans les couches propres des viscères.

« *Sac.* — La partie extérieure au Crabe est enveloppée par un *sac,* improprement appelé *manteau,* qui sert de limite à la cavité incubatrice et d'enveloppe protectrice à la masse viscérale. On trouve, dans son épaisseur, un réseau serré de fibres musculaires striées, disposé tangentiellement, tandis que d'une face à l'autre s'étendent des fibres conjonctives. Ces fibres sont disposées en gerbes étranglées au milieu, au point où elles traversent le réseau musculaire, étalées aux extrémités qui s'insèrent sur le revêtement chitineux du sac. Au point d'insertion de chacune d'elles, on retrouve un gros noyau, celui de la cellule qui a formé la fibre. Les espaces réservés entre les gerbes conjonctives et les faisceaux musculaires sont tapissés de larges cellules plates, qui forment un *endothélium* continu.

« *Masse viscérale.* — Contenue dans le sac, elle lui est rattachée par le pédicule et par une sorte de mésentère qui règne entre le pédicule et le cloaque toujours du côté du droit du Crabe, comme l'a fait remarquer M. Giard. Elle a une paroi musculo-membraneuse semblable à celle du sac. Un réseau musculaire lui forme une enveloppe contractile, et, en deho[illegible]ui, on retrouve la couche des gros noyaux, avec les fibres en gerbe qui en partent. Mais celles-ci, au lieu de se continuer, comme dans le sac, avec celles de la face opposée, servent de tendons d'insertion à de belles fibres musculaires striées, qui s'étendent en travers dans toute la largeur de la masse. Elles sont disposées par plans parallèles étagés. Les espaces lacunaires limités par les faisceaux conjonctifs et musculaires qui forment ainsi le squelette de la masse viscérale sont, comme ceux du sac, revêtus d'un endothélium continu. Ces lacunes communiquent avec celles du sac par le mésentère et, les unes et les autres, avec celles de la membrane basilaire par le pédicule.

« Il en résulte que, depuis l'extrémité des tubes suceurs jusqu'aux limites superficielles de son corps, la Sacculine est parcourue par un système de lacunes, dans lequel circulent les liquides aspirés par les tubes, et qui constitue un appareil à la fois circulatoire et digestif très rudimentaire.

« *Ovaires.* — Les espaces réservés entre les plans musculaires de la masse viscérale sont occupés par des tubes sinueux, remplis par les œufs. Ces tubes sont eux-mêmes revêtus par l'endothélium général.

« Les ovaires s'ouvrent dans la cavité incubatrice, non loin du cloaque, de

chaque côté du plan médian déterminé par le mésentère, par un oviducte large et court autour duquel sont disposés les tubes ramifiés de deux grosses glandes. Leur épithélium cylindrique élevé revêt aussi les parois de l'oviducte.

« *Testicules.* — Au nombre de deux, un de chaque côté du plan médian, ils s'ouvrent au fond de la cavité incubatrice. Leur canal, long et très fin, est tapissé d'un épithélium cylindrique, distinct des cellules sécrétantes.

« *Système nerveux.* — Complètement méconnu jusqu'ici chez tous les Rhizocéphales, il est formé par un seul ganglion situé dans la masse viscérale, près de son extrémité cloacale. Sa position permet d'orienter l'animal et de déterminer son extrémité cloacale comme cephalique ou supérieure, ce qui est l'inverse de ce que l'on avait pensé jusqu'ici. Ce ganglion a la forme d'une étoile à quatre branches, dont les angles émettent les quatre nerfs principaux. Les deux supérieurs se rendent par la partie terminale du mésentère dans le manteau, pour se ramifier dans sa couche musculaire. Un rameau important s'en détache et se rend au sphincter cloacal. Les deux inférieurs sont destinés à la masse viscérale. Ils se divisent presque aussitôt en deux branches, une externe qui se répand dans la couche musculaire de l'enveloppe, une interne qui descend dans la masse de l'ovaire pour innerver les plans musculaires transversaux.

« *Ponte.* — Trois à quatre jours après que la Sacculine a émis ses Nauplius, elle fait une nouvelle ponte dans sa cavité incubatrice. La manière dont s'accomplit ce phénomène n'est connue chez aucun Cirrhipède. La couche chitineuse qui tapissait la cavité incubatrice se détache par une mue et sort par l'orifice cloacal. Une couche nouvelle toute formée se trouve au-dessous. Les deux glandes de l'oviducte muent également, et, par l'orifice de l'oviducte, se dévagine un bouquet de tubes chitineux ramifiés, qui sont sortis en se retournant des culs-de-sac glandulaires. Leur ensemble reste attaché par la base à l'orifice de l'oviducte. A ce moment, les œufs sortent en masse de l'ovaire et sont forcés de pénétrer dans ces tubes, qu'ils remplissent en les distendant sans changer leur forme. Quand la ponte est finie, le paquet de tubes se détache de l'orifice de l'oviducte et reste dans la cavité incubatrice jusqu'à maturité complète des œufs.

« *Fécondation.* — Elle a lieu dans l'ovaire, entre le moment de la mue et celui de la ponte. Les spermatozoïdes entrent dans l'ovaire par l'oviducte.

« *Retinacula.* — La couche chitineuse qui tapisse la cavité incubatrice est hérissée çà et là de petites papilles surmontées d'un petit bouquet d'éminences coniques. Ces appareils, que je nomme *retinacula*, arrêtent chacun l'extrémité d'un des tubes gorgés d'œufs provenant de la ponte et servent à le fixer dans sa situation. Ils ont pour fonction, au moment de l'émission des Nauplius, d'empêcher les tubes de sortir en bloc par le cloaque et de retenir les Nauplius dans leur prison. Les tubes étant fixés dans la cavité incubatrice, les contractions du sac les déchirent lorsque les œufs sont mûrs et les Nauplius sont mis en liberté. Leurs débris sont évacués, avec la mue qui précède une nouvelle ponte, dans la cavité incubatrice. »

Séance du 5 novembre 1883.

L. Malassez et W. Vignal. *Tuberculose zooglœique.* — « Il est des lésions tuber-

culeuses où le nombre des bacilles est en quantité si minime, que leur présence ne saurait expliquer les lésions observées; il en est même où, quels que soient le nombre des coupes examinées, la méthode de préparation employée, il est impossible d'en trouver un seul.

« Nous avons essayé d'expliquer ces faits, en inoculant des lésions tuberculeuses manifestement dénuées de bacilles, et en cherchant s'il existait, dans les tuberculoses produites, des bacilles ou quelque autre forme ou espèce de microorganisme.

« La première pièce que nous avons rencontrée est un tubercule cutané enlevé chez un enfant qui venait de succomber à une méningite tuberculeuse. L'inoculation en série détermina des tuberculoses ayant tous les caractères des tuberculoses expérimentales ordinaires. Or, chez aucun des animaux des quatre premières générations d'inoculation, il ne fut possible de trouver un seul bacille; mais dans les tubercules récents il existait, au milieu du tissu de granulation, des masses finement granuleuses qu'on aurait pu prendre, au premier abord, pour des parties caséifiées. Il n'en était rien cependant : ces masses, en effet, se trouvaient dans les plus petits tubercules, dans ceux qui étaient tout à fait à leur début; certaines avaient des contours nettement séparés et bien distincts du tissu de granulation ambiant, et autour d'elles on ne voyait aucune cellule en voie de dégénérescence. Nous en avons même trouvé qui siégeaient en plein tissu sain ou à peine enflammé.

« Les fins granules qui les composent sont remarquables par la regularité de leurs formes et de leurs dimensions; ils résistent à la potasse, à l'acide acétique, à l'éther [1]; ils ressemblent tout à fait à des micrococques qui seraient réunis en amas zooglœiques. Et, du reste, on les trouve en très grande quantité, non seulement chez les animaux inoculés directement, mais chez leurs nombreux descendants en inoculation, ce qui montre bien qu'on a affaire à un être vivant capable de se multiplier. Ces zooglœes paraissent jouer dans les tissus qu'elles infectent, le rôle de corps étrangers irritants et être ainsi la cause des granulations tuberculeuses, lesquelles auraient alors la signification d'un nodule inflammatoire produit par ces épines vivantes; ces tuberculoses mériteraient donc l'épithète de *zooglœiques*.

« Il est aussi des zooglœes dont la périphérie, au lieu d'être nettement distincte du tissu de granulation ambiant, se perd dans celui-ci, comme si elles s'étaient désagrégées et répandues dans ce tissu. Il en est même qui ont ainsi plus ou moins complètement diffusé et ne se présentent plus au milieu du tissu de granulation que sous forme de taches plus sombres, plus granuleuses, dont il est à peu près impossible de saisir la signification quand on n'a pas sous les yeux tous les intermédiaires avec les zooglœes facilement reconnaissables.

« Dans les générations d'inoculation plus avancées et dans les lésions plus an-

1. Ils se colorent vivement par l'hématoxiline et par le violet de méthyle; mais, quand on les colore, leur coloration ne persiste pas, comme cela a lieu pour beaucoup d'autres micrococques. Les méthodes de coloration qui mettent si bien en relief les bacilles de Koch n'ont pas d'action sur eux. Nous ne leur avons pas encore trouvé de technique qui leur soit spéciale.

ciennes, les zooglœes avaient disparu, en apparence tout au moins. Mais à la cinquième nous avons trouvé un certain nombre de bacilles; puis, à la sixième, tandis que nous ne trouvions ni zooglœes distinctes, ni bacilles, chez un animal tué au huitième jour, il en existait, au contraire, une notable quantité chez un autre tué au trentième jour.

« L'un de nous, ayant fait avec des fragments de même tubercule cutané des essais de culture d'après le procédé de Koch, obtint deux produits de culture qui furent inoculés. L'un donna lieu à une série de tuberculoses exactement semblables à celle que produit l'inoculation directe de ce tubercule cutané; c'est-à-dire des tuberculoses zooglœiques dans les premières générations, et bacillaires dans les suivantes. L'apparition des bacilles se fit à la troisième génération. L'autre produit de culture, qui nous avait paru moins bien réussi et qui ne fut inoculé qu'à un seul cochon d'Inde, détermina une tuberculose aiguë foudroyante et, dans les granulations, il fut trouvé, non des zooglœes, mais des bacilles en quantité considérable.

« Nous avons encore pu nous procurer trois autres pièces de tuberculose non bacillaires (elles sont très rares) : c'étaient des parois d'abcès ossifluents enlevées sur le vivant par le raclage, dans le service de M. Lannelongue. L'une d'elles, recueillie et inoculée par M. Castro, détermina encore une série de tuberculoses semblable à celle que causent le tubercule cutané et le produit de culture; les bacilles se montrèrent à la troisième génération. Les deux autres ont produit, à la première génération d'inoculation (la seule que nous ayons examinée jusqu'ici), chez des animaux tués au onzième et au dix-septième jour, une tuberculose locale dans laquelle il n'a pas été possible de trouver des bacilles ou des zooglœes distinctes; peut-être y en avait-il de diffuses. Mais, chez les animaux tués au vingt-sixième et au vingt-neuvième jour, la tuberculose était déjà généralisée, et les graulations contenaient des bacilles.

« Comme on le voit : 1° des lésions tuberculeuses sans bacilles peuvent produire par inoculation des tuberculoses bacillaires, ce qui fait supposer que le parasite phymatogène existe déjà chez elles, mais non sous la forme bacillaire; 2° ces mêmes lésions peuvent aussi produire des tuberculoses non bacillaires, mais dans lesquelles il existe une autre forme ou espèce de parasite, lequel doit être considéré comme cause de la maladie; ce sont des amas zooglœiques de microcoques, des gliocoques, les uns parfaitement distincts, les autres plus ou moins diffusés; 3° dans les générations ultérieures d'inoculation, les zooglœes peuvent disparaître et les bacilles apparaître.

« Il semble donc que les bacilles, les zooglœes distinctes ou diffuses ne sont que des formes différentes du même micro-organisme, du parasite phymatogène. Cependant, comme nous n'avons pas encore pu saisir la transformation des zooglœes en bacilles, comme ces êtres ne se comportent pas de la même façon vis-à-vis des réactifs colorants, nous ne voulons rien affirmer [1]. Ne se pourrait-il pas, par exemple, qu'ils soient d'espèces différentes, mais que les bacilles ne puissent apparaître que lorsque le terrain aurait été préparé par les zooglœes?

1. Nous ferons les mêmes réserves à propos des parasites décrits antérieurement dans la tuberculose, par Klebs, Aufrecht, Toussaint et autres.

« En tout cas, si l'existence des bacilles de Koch peut démontrer la nature tuberculeuse d'une lésion, la réciproque n'est pas vraie, puisqu'il peut y avoir des tuberculoses sans bacilles [1]. »

G. Hermann. *Sur la spermatogénèse chez les Crustacés édriophtalmes.* La spermatogénèse de ces Crustacés a lieu suivant un type tout autre que celle des Podophtalmes.

« Chez les espèces que nous avons examinées (appartenant aux genres *Ligia, Idotea, Sphrœroma, Gammarus, Talitrum*), on trouve toujours (de mars à septembre), dans les trois diverticules effilés situés à la partie antérieure du canal testiculaire, des éléments spermatiques à différents états de développement; il suffit donc, en général, de les préparer sur un petit nombre d'animaux, pour avoir la série à peu près complète de leurs transformations successives.

« On est frappé tout d'abord du volume considérable des ovules mâles, qui mesurent près de 0 mm, 1 de diamètre, dont 0,06 pour le noyau, chez la Ligie, et qui présentent au début un réseau nucléaire très net. Plus bas, ils renferment des nucléoles de plus en plus nombreux, autour desquels semble se faire la segmentation du noyau. Au stade suivant, on trouve un groupe de noyaux plus petits, de forme irrégulière, souvent disposés en rosace ou en couronne circulaire dans le corps de l'ovule. Ce dernier se divise également, si bien qu'un peu plus loin on observe des amas de cellules en voie de prolifération active, et dont le volume diminue à mesure qu'elles se multiplient davantage. Bientôt ces éléments n'ont plus que 0 mm, 015 environ de diamètre, et se composent alors d'un noyau arrondi, sans nucléole, entouré d'un corps cellulaire très réduit [2]. C'est à ce moment qu'apparaît le nodule céphalique, sous forme d'un petit disque excavé en cupule, très réfringent, appliqué sur le noyau dont il déprime légèrement la surface; le diamètre de ce disque est de 0 mm, 003 à 0 mm, 004.

« Les filaments spermatiques prennent naissance aux dépens des spermatoblastes, suivant le même mode que chez les Vertébrés. Mais le nodule céphalique, qui prend une part importante à la constitution de la tête du spermatozoïde chez tous les autres animaux que nous avons étudiés jusqu'à ce jour, ne paraît jouer ici qu'un rôle transitoire et tout à fait secondaire. Nous n'avons pu suivre exactement sa destinée ultérieure, mais, au stade le plus jeune que nous ayons observé ensuite, il n'en reste plus aucune trace.

« Le spermatoblaste est alors plus petit que précédemment (0 mm, 1) et son corps cellulaire est beaucoup plus développé, puisque le noyau ne mesure plus que 0 mm, 006. Ce noyau est sphérique et homogène, à situation excentrique, de telle sorte que son pôle postérieur vient presque affleurer à la surface de la cellule, dont il n'est séparé que par un très petit corps foncé sur lequel vient s'attacher un mince flagellum (long. = 0 mm, 025), entièrement situé en dehors du sperma-

1. Une partie des faits que nous venons de résumer ont deja été signalés à la Société de Biologie (voir séances du 12 mai et du 16 juin 1883). Ils seront exposés plus en détail et avec planches à l'appui dans les *Archives de Physiologie normale et pathologique* (numéro du 15 nov. 1883).

2. Cette disparition du nucléole au moment où va se montrer le module céphalique paraît être une règle générale. Jamais nous n'avons vu ces deux parties exister conjointement.

toblaste. Dès lors le spermatozoïde naissant se compose de trois segments : un segment céphalique comprenant le spermatoblaste avec son noyau, un segment moyen à peine visible, unissant le noyau à la surface du spermatoblaste et sur lequel est implanté le final ou segment caudal.

« La suite du développement se réduit en substance à un allongement progressif de ces trois segments. Le noyau devient ovoïde à grand axe antéro-postérieur, puis il s'étire en un boudin étroit et se pelotonne sur lui-même dans le corps cellulaire (*Ligie*). Bientôt son extrémité postérieure adhérente au segment moyen se dégage du corps cellulaire du spermatoblaste; il se déroule en quelque sorte et devient droit à mesure qu'il sort de la cellule. Celle-ci diminue à vue d'œil, mais elle persiste encore pendant quelque temps sous forme d'un petit amas protoplasmique entourant la partie antérieure du noyau.

« Le segment moyen, très court, prend la forme d'un cône à base excavée coiffant l'extrémité postérieure du noyau; son sommet donne attache au flagellum, avec lequel il paraît être comme articulé.

« Mais c'est surtout le filament caudal qui subit un allongement démesuré par rapport aux autres parties : chez la *Ligie*, par exemple, le flagellum du spermatozoïde parfait atteint une longueur de 0 mm, 003 environ, tandis que la tête (noyau allongé) et le segment moyen réunis mesurent à peine 0 mm, 1.

« Chez l'*Idotée*, les *Talitres* et les *Gammarus*, le noyau s'allonge simplement en ligne droite et se dégage aussitôt, sans s'enrouler préalablement dans l'intérieur du spermatoblaste.

« La tête seule se colore par les réactifs; elle est appendue, comme une sorte de banderole, à l'extrémité du flagellum rigide et rectiligne par l'intermédiaire du segment moyen, souvent difficile à mettre en évidence en raison de sa petitesse.

« Les filaments spermatiques sont réunis, au nombre de 80 à 100, en faisceaux volumineux, qui se trouvent logés dans des rainures longitudinales des cellules épithéliales tapissant la paroi des tubes. Il nous paraît hors de doute que chaque grappe de spermatoblastes, et par contre chaque faisceau, dérivent d'un même ovule mâle. Ce dernier, probablement, ne se divise qu'en partie comme chez les Vertébrés, mais nous n'avons point vu comment se transforme sa portion non segmentée. L'extrémité antérieure des faisceaux adultes est enveloppée dans une masse homogène et tenace qui semble représenter le dernier vestige du corps de l'ovule.

« Nous n'avons trouvé de spermatozoïdes isolés que dans l'oviducte de la femelle, où ils conservaient d'ailleurs leur aspect habituel et leur immobilité.

« Si l'on fait abstraction de la destinée du nodule céphalique, toute cette évolution rappelle d'une façon frappante celle des Sélaciens. Il est à remarquer que ces filaments spermatiques à trois segments distincts représentent un type bien plus complet que les spermatozoïdes des Podophtalmes qui, malgré la complexité de leur structure, se trouvent réduits au seul segment céphalique (au moins ceux des Brachyures, dont les prolongements ne sont pas fixés sur un collier spécial). »

Yves Delage. *Sur la Sacculine interne, nouveau stade du développement de la*

Sacculina Carcini. « Lorsque, pour étudier l'embryogénie de la Sacculine, on cherche sur les Crabes des individus de plus en plus petits, on ne tarde pas à être frappé de ce fait, que l'on ne trouve pas de Sacculine dont la taille soit inférieure à 3 mm, environ. J'ai examiné plusieurs milliers de Crabes infestés, sans trouver jamais une Sacculine plus petite. L'embryogénie de la Sacculine et des autres Rhizocéphales n'étant point connue, on n'a pu faire que des hypothèses sur leur développement, et l'hypothèse généralement admise est que la larve cypridienne du parasite se fixe par la tête à l'abdomen du Crabe, perd ses membres, insinue dans les tissus de sa victime une partie de sa tête, d'où poussent des tubes qui envahissent le Crabe tout entier. M. Giard a même été jusqu'à préciser les faits, en affirmant que le parasite se formait pendant l'accouplement des Crabes. Si cela était vrai, le fait que j'ai signalé serait vraiment inexplicable, car, entre une Sacculine de 3 mm, et une Cypris qui n'a pas 0 mm, 2 de long, il y a tout un monde d'états intermédiaires que l'on devrait retrouver. En outre, les plus petites Sacculines sont déjà semblables aux adultes et n'ont rien de commun avec un animal agile ou même pouvant se déplacer. Comment le parasite a-t-il pu venir ainsi tout formé du dehors? La réponse est facile. Il ne vient pas du dehors, mais du dedans. Avant de se montrer au dehors, la Sacculine existe déjà dans l'abdomen du Crabe, entre l'intestin et la paroi du corps. Elle existe là au complet, avec son sac, ses ovaires, ses glandes accessoires, ses testicules, son système nerveux, et ce n'est qu'en grossissant qu'elle arrive à nécroser par compression les téguments du Crabe, à les amincir et finalement à les rompre pour faire effraction au dehors.

« A l'état le plus jeune où on puisse la trouver, la *Sacculine interne* consiste en une membrane en forme de sac aplati, étalée entre l'intestin et la paroi abdominale du Crabe, dans la cavité générale, au milieu d'un tissu cellulo-adipeux. De toute sa surface, mais surtout de ses bords irrégulièrement sinueux, partent les tubes qui, déjà à cette époque, ont envahi complètement le Crabe. La paroi de la membrane est revêtue d'une mince couche chitineuse et formée de grosses cellules à noyau volumineux. L'intérieur est formé de cellules étoilées, dont les prolongements anastomosés entre eux font de l'ensemble une sorte de tissu conjonctif caverneux, dont les cavités innombrables communiquent toutes entre elles. Les grosses cellules pariétales se continuent dans les tubes. Dans sa région moyenne, la membrane, au lieu de rester mince, s'épaissit brusquement et forme une sorte de tumeur sur sa face superficielle. Au sein du tissu caverneux abondant qui remplit ce renflement, se trouve un amas sphérique de petites cellules, auquel j'ai donné le nom de *nucléus*. Les cellules du nucléus sont disposées de manière à former une masse centrale, séparée par un étroit espace d'une couche enveloppante. La Sacculine entière n'a pas, à ce moment, plus de 1/3 de millimètre de large; le nucléus n'a guère que 0 mm, 05 de diamètre; et cependant tout ce qui constituera la Sacculine adulte est représenté là. La membrane, avec son tissu caverneux, formera la *membrane basilaire;* le nucléus formera la *Sacculine externe;* dans ce nucléus, la couche sphérique de cellules représente le *sac;* l'amas central, la future *masse viscérale*.

« Il est à remarquer qu'à ce moment toutes les cellules du nucléus sont iden-

tiques. Aucune ne s'est différenciée, soit par sa nature, soit par sa position. Par suite de transformations que j'ai pu suivre pas à pas, et qui seront décrites tout au long dans un Mémoire dont ces Notes ne sont que l'avant-coureur, on voit se former successivement dans le nucléus toutes les parties de la Sacculine adulte. Dans la couche périphérique, les cellules multiplient, celles des bords s'allongent radialement, s'anastomosent et forment les gerbes de tissu conjonctif; les plus centrales s'allongent et s'anastomosent tangentiellement et forment les fibres musculaires. Dans l'amas central, les couches périphériques subissent une transformation analogue, pour former la paroi de la masse viscérale; parmi les cellules intérieures, les unes s'allongent et s'anastomosent pour former les plans musculaires transversaux, tandis que les autres, distribuées en deux groupes symétriques, restent arrondies et donnent les œufs, ainsi que les cellules testiculaires.

« Avant que ces modifications soient terminées, on voit se former, dans la portion du tissu caverneux qui sépare le nucléus de la paroi de la membrane, deux plans parallèles et contigus de cellules, disposés en travers par rapport à l'axe du Crabe. Ces cellules sécrètent bientôt entre elles une lame de chitine qui se fend. La fente s'ouvre et livre accès au nucléus hors de la cavité de la tumeur dans laquelle il était contenu. Le nucléus s'insinue peu à peu au dehors et arrive au contact des téguments du Crabe. Là il continue à grossir, en se développant et en prenant peu à peu les caractères de la jeune Sacculine externe. Enfin, lorsqu'il a atteint 2 mm, 5 à 3 mm, il fait éclater les téguments du Crabe et se présente au dehors. Devenu Sacculine externe, il constitue alors ces jeunes parasites, les plus petits que l'on puisse voir extérieurement sous l'abdomen des Crabes. L'orifice de sortie ne tarde pas à se régulariser, toute trace d'effraction disparaît, mais à l'intérieur du Crabe restent les tubes suceurs et la fosse aplatie d'où est sorti le nucléus et qui formera la *membrane basilaire* qne nous avons signalée chez l'adulte.

Mâles complémentaires. — Au moment où la Sacculine vient de devenir externe, l'orifice de son cloaque est fermé, et une mince membrane chitineuse, soudée au pourtour de celui-ci, l'entoure tout entière. Au bout de peu de temps, cette pellicule se rompt et reste adhérente seulement au pourtour du cloaque. De jeunes Cypris arrivent alors et, s'insinuant sous elle, se fixent par leurs antennes aux bords de cet orifice. *Le fait est constant. Toutes les Sacculines jeunes ont ainsi des Cypris fixées à leur cloaque.* Elles en ont rarement une seule, ordinairement deux à cinq, et j'en ai trouvé jusqu'à douze. Ce fait n'avait jamais encore été constaté chez la Sacculine, ni, avec cette généralité, chez aucun Rhizocéphale. La présence de nombreuses Cypris autour du cloaque prouve nettement que ces êtres remplissent là les fonctions de mâles, comme l'a fort bien compris Fritz Müller. Plus tard, la pellicule cloacale tombe en entraînant la dépouille des Cypris, et le cloaque s'ouvre. »

Séance du 12 novembre 1883.

ARLOING, CORNEVIN et THOMAS. *Détermination des causes qui diminuent la réceptivité de certaines régions de l'organisme, pour le virus du charbon bactérien ou symptomatique, et transforment une inoculation mortelle en inoculation préventive.* — « Dans la pratique les tumeurs du charbon symptomatique ne s'observent pas, chez le bœuf, sur la partie inférieure des membres et de la queue. Ce fait nous a engagés à rechercher ce qui se passerait dans le cas d'insertion expérimentale du virus dans ces régions, surtout la région coccygienne.

« Pour injecter le virus dans le tissu conjonctif sous-cutané de la queue du bœuf, il faut creuser, au préalable, le trajet de la canule de la seringue avec un fin trocart ou une simple tige métallique piquante. Nous avons pu, par ce moyen, mener à bien une suite d'inoculations pratiquées de 0 m, 10 en 0 m, 10 du sommet à la base de la queue, choisissant pour chacune d'elles un sujet nouveau.

« Au milieu du toupillon qui garnit l'extrémité de la queue, l'injection sous-cutanée de 1 à 6 gouttes de suc musculaire virulent ne produit généralement pas de troubles locaux ni de mouvement fébrile bien notable; 10 à 15 gouttes déterminent une hyperthermie de 1° à 1°, 5; 20 gouttes provoquent de plus un engorgement exsudatif localisé au pourtour de l'inoculation.

« Lorsqu'on inocule à 0 m, 10 au-dessus du toupillon, les phénomènes consécutifs sont à peu près identiques; mais, à 0 m, 20, les troubles généraux sont plus graves et plus durables et, parfois, s'accompagnent d'une tumeur symptomatique éloignée du siège de l'inoculation. Ainsi une métisse hollandaise, inoculée le 15 mars 1883, à 0 m, 20 de l'extrémité de la queue et dont la température était 39°,6, présenta de simples phénomènes fébriles les 16 et 17; puis tout à coup, le 18, elle fut prise d'inappétence et resta en décubitus permanent; sa température était 41°, 9. Ces nouveaux symptômes coïncidaient avec le développement d'une tumeur crépitante dans la portion dorsale du muscle iléo-spinal. La mort survint le 19; l'autopsie ne révéla pas la moindre traînée inflammatoire ou lésion organique entre le point d'inoculation et la tumeur.

« Au fur et à mesure qu'on s'élève vers la base de la queue, les dangers de localisations secondaires, et même, au-dessus du niveau des tubérosités ischiatiques, les dangers de localisations primitives augmentent dans une grande proportion, tout en restant moitié moins grands que si le virus est déposé dans la cuisse ou l'encolure.

« Faut-il conclure que la réceptivité de la région coccygienne pour le virus bactérien soit nulle près du sommet? Non; la réceptivité diminue graduellement de haut en bas, sans jamais devenir nulle : la preuve est l'immunité dont jouissent les animaux survivants.

« Nous sommes donc en présence d'un fait analogue à ceux que M. Willems a observés pour la péripneumonie contagieuse du bœuf, que M. Toussaint a eu sous les yeux pour le sang de rate du mouton et qui a été signalé aussi pour la clavelée.

« Peut-être serait-il permis de dire que la queue, chez tous les animaux, mais

à des degrés divers, se prête difficilement à l'évolution locale des virus et, consécutivement, transforme plus ou moins une innoculation mortelle en innoculation vaccinale. Mais les observations recueillies jusqu'à ce jour établissent que le bœuf est l'animal qui présente ce phénomène au plus haut degré.

« Pourquoi les microbes insérés dans le tissu conjonctif sous-cutané de la région coccygienne ne produisent-ils pas les désordres qu'ils engendrent dans les autres régions du tronc et la partie supérieure des membres? On a invoqué la densité du tissu conjonctif; mais ne serait-ce pas aussi parce que la température de la queue est inférieure à celle du corps?

« Pour juger cette hypothèse, nous avons élevé la température de la queue, après son inoculation, de 29°, 8, sa température normale, à 36°, 8 (la température extérieure étant 20°,1), en l'enveloppant d'ouate et d'étoupe et la recouvrant d'un étui imperméable. L'expérience est commencée le 27 juin 1883; le 28, la température de la bête est de 40° : 0°, 4 d'augmentation. La queue est douloureuse au niveau de la portion enveloppée; rumination conservée. Le 29, température rectale à 41°, 2, rumination persiste, appétit moindre; même sensibilité locale. Le 1er juillet, la température a rétrocédé, l'appétit est bon; le 2, la bête semble revenue à l'état normal. On enlève le pansement; la queue est crépitante et insensible sur une longueur de 0 m, 20. à partir du sommet; les tissus mortifiés sont gorgés de sérosité roussâtre où fourmillent les microbes du charbon symptomatique et non ceux de la septicémie, comme l'ont attesté plusieurs inoculations de contrôle. L'animal se remet des suites de cette expérience et l'on s'est assuré qu'il avait acquis l'immunité.

« Le réchauffement a donc suffi pour faire pulluler abondamment le virus à l'extrémité de la queue. Mais on peut se demander si la densité du tissu conjonctif n'a pas empêché l'accident local de s'étendre et de compromettre la vie du sujet. Pour le savoir, il aurait fallu faire la même expérience après avoir modifié la densité du tissu conjonctif. Dans l'impossibilité où l'on se trouve de réaliser cette condition sur le bœuf, nous avons tourné la difficulté en nous adressant au mouton, dont le tissu cellulaire coccygien est naturellement lâche, souple et abondant.

« Si l'on injecte le virus bactérien près de l'extrémité de la queue du mouton, sans modifier la température, il se développe une tuméfaction locale analogue à celle que l'on provoque chez le bœuf, par l'enveloppement. Ce résultat prouve que la laxité du tissu conjonctif peut suppléer à l'échauffement de la région.

« On fournit la contre-épreuve en refroidissant la région coccygienne du mouton, après l'inoculation, au moyen d'un sac imperméable à doubles parois, bourré de fragments de glace. Dans ce cas, il ne se développe pas d'accidents locaux; néanmoins le virus pénètre lentement dans l'organisme, circule avec le sang et engendre l'immunité; il peut même, si on le fait sortir du système circulatoire par une blessure, déterminer, *in loco*, une tumeur emphysémateuse mortelle, comme s'il s'agissait d'une injection intra-veineuse.

« La température et la texture dense et serrée du tissu conjonctif de la région coccygienne concourent donc à l'atténuation des effets du virus charbonneux chez le bœuf. Si la température est un obstacle susceptible de modification, le tissu

conjonctif s'oppose toujours, comme une barrière immuable, à l'envahissement de l'organisme.

« Il découle des résultats énoncés dans cette Note : 1° que les saisons tempérées seront les meilleures pour pratiquer les inoculations préventives; 2° que l'on doit s'en abstenir en été; 3° que si l'on est obligé d'inoculer pendant l'hiver, on aidera au succès en maintenant les animaux, durant les premiers jours, dans l'atmosphère chaude des étables.

« Il y a des analogies assez nombreuses entre le virus du charbon symptomatique et celui de la péripneumonie contagieuse; aussi les résultats exposés ci-dessus jettent-ils, ce nous semble, une certaine lumière sur la pathogénie des accidents qui surviennent à la suite de l'inoculation primitive de la péripneumonie pendant les chaleurs de l'été ou dans les étables encombrées. Si l'on veut bien s'en inspirer, il est probable que cette inoculation deviendra moins meurtrière.

« En élargissant la question, ces résultats provoqueront sans doute des observations et des recherches qui auront peut-être pour conséquence de donner à l'inoculation, dans les organes détachés et à tissu conjonctif rare et condensé, la valeur d'une méthoee générale d'atténuation des virus. »

Joubin. *Sur le développement de la branchie des Céphalopodes.* « Les recherches de Köllikèr sur le développement des Céphalopodes, tout en jetant un grand jour sur l'embryogénie de ces animaux, ont cependant laissé obscure l'origine de l'organe de la respiration. Je me suis occupé, dans les laboratoires de M. le professeur de Lacaze-Duthiers, à Banyuls et à Roscoff, de combler cette lacune, en étudiant principalement la *Sepia officinalis*, dont les pontes sont faciles à se procurer.

« Les branchies de l'embryon apparaissent dans les premiers temps du développement, sous forme de deux petits bourgeons situés symétriquement, par rapport au plan antéro-postérieur, sur le milieu de ce qui deviendra par la suite la paroi postérieure de la cavité palléale. Le bourgeon produit par une poussée de la couche épithéliale par les cellules de la couche sous-jacente, ne tarde pas à s'allonger et à former une petite éminence bien différenciée, arrondie au sommet et fixée par une large base. Il m'a été impossible, même sur les embryons les plus jeunes que j'ai pu avoir, de constater la présence de cils vibratiles sur la branchie, tandis que la cavité palléale en est tapissée; le bourgeon s'aplatit ensuite de façon à présenter deux faces : l'une postérieure, appliquée contre la masse viscérale; l'autre antérieure, qui est ensuite recouverte par le manteau qui limite en montant la cavité respiratoire.

« Sur cete petite lame, qui a environ 1/3 de milimètre de long, apparaît, vers le milieu, un premier pli horizontal, puis un second plus près de la pointe, puis un troisième encore plus près de l'extrémité libre, et ainsi de suite. Ces plis forment des enfoncements sur une des faces, correspondant à des éminences sur l'autre face; le bourgeon branchial est donc devenu une lame ondulée; successivement d'autres replis apparaissent, toujours vers la pointe pendant que l'ensemble de l'organe s'accroît en dimensions, de façon que la longueur de 15/10 de millimètre correspond à une douzaine de plis. Mais ceux-ci n'occupent pas toute

la surface de la jeune branchie; un espace est réservé le long de ses deux bords, l'externe et l'interne, où se formeront, dans l'un le vaisseau efférent et dans l'autre la glande spéciale de la branchie.

« Une de ces ondulations, considérée dans sa totalité, peut être considérée comme un demi-cercle formé de trois courbes parallèles de cellules, une moyenne comprise entre une externe tconvexe et une interne concave; supposons les deux extrémités de cet arc fixées sur un même plan. Si l'accroissement se produisait avec une égale rapidité dans les trois couches de cellules, on aurait bientôt un grand cul-de-sac, non plus en demi-cercle, mais plus ou moins conique et profond; mais les choses se passent différemment : les cellules de la couche moyenne s'accroissent en nombre et chassent devant elles l'épithélium formant la surface convexe, tandis que celui qui forme la couche concave ne se modifie pas. En s'avançant de plus en plus au moyen d'un foyer terminal de division des cellules, la couche moyenne détermine une lame tapissée sur ses deux faces par l'épithélium convexe. Les cellules de cette lame, d'abord contiguës, ne tardent pas à se séparer les unes des autres, de façon à former les lacunes, et en de certains points des vaisseaux. Il en résulte que, ce processus se répétant alternativement à droite et à gauche de la lame ondulée primitive, on obtient des coupes de la branchie composées d'un axe un peu ondulé, d'où partent à droite et à gauche, en alternant, des lames d'autant plus longues que l'on s'éloigne davantage de l'extrémité de la branchie. Un peu plus tard, on distingue facilement une petite bandelette musculaire qui suit le bord inférieur de chacune des lames composant la branchie et qui la fixe.

« Chacune des lames formées, comme je viens de dire, produit à son tour une série d'ondulations se plissant dans le sens de sa largeur. Mais, cette fois, les ondulations se creusent beaucoup et correspondant à de fortes éminences de l'autre côté; il ne se forme pas de productions nouvelles aux dépens de la couche moyenne qui reste partout égale et conserve ses deux épithéliums. Ces ondulations partent du point d'attache de la lame, pour aller en diminuant jusqu'à la pointe, où se trouve le foyer d'accroissement et où se forment les nouveaux plis.

« Enfin, dans l'adulte, on remarque un troisième système d'ondulations, de troisième ordre par conséquent, situées verticalement au point d'inflexion des lames dont je viens d'étudier la formation. Ces séries de nouveaux plis n'apparaissent qu'assez tard chez l'embryon; au moment où, sur le point de sortir de l'œuf, il mesure environ 15 milimètres de long, on n'en voit encore que des traces peu perceptibles, mais qui se distinguent assez bien en faisant des injections dans la branchie, opération fort délicate.

« Quant aux vaisseaux de la branchie, celui qui lui apporte le sang se voit de bonne heure, dès le commencement de la formation des lames; il occupe à peu près le centre de l'organe et est compris dans la base des lames et la glande de la branchie qui, elle aussi, est, à cette époque, nettement marquée. Le vaisseau efférent se ferme sur la crête de la branchie et sur le bord externe des lames; il est ondulé comme les parties qui le portent et sort de la branchie à la base pour se continuer par l'oreillette du cœur. »

L. Joliet. *Sur les fonctions du sac rénal chez les Hétéropodes.* — « Dans une série de Mémoires publiés de 1851 à 1855 sur les Ptéropodes et Hétéropodes, et en particulier sur le Phyllirhoë-Bucephalum et sur les Firoles, Leuckart, Müller et Gegenbaur ont attiré l'attention sur un fait qui était précisément, à la même époque, observé chez divers Acéphales par Kéber, de Lacaze-Duthiers et Langer : le fait de la communication de la cavité péricardique avec l'extérieur par l'intermédiaire de l'organe rénal.

« D'après les trois premiers auteurs, cette disposition anatomique a pour objet de permettre à l'eau ambiante puisée au dehors par l'organe rénal de se mêler au sang. Cette opinion, dévelopée en plusieurs passages de leurs écrits, a été reproduite par Claus dans son *Traité de Zoologie.*

« Leuckart déclare n'avoir pu, malgré ses efforts, observer le passage de l'eau « du rein dans le péricarde. Il est vrai, dit-il, que les effets de cet afflux pour« raient être contrebalancés et masqués par ce fait que l'eau introduite péné« trait au fur et à mesure dans l'oreillette du cœur à travers les perforations de « sa paroi. »

« Pour ma part, voici ce que j'observai le 7 décembre 1880 sur un Phyllirhoë vivant :

« Au début, le sac rénal était plissé et chiffonné; je le vis se distendre lentement. Pendant toute la durée du gonflement, l'orifice externe resta clos, tandis que les cils ds l'orifice péricardique battaient constamment de l'intérieur vers l'extérieur.

« Leur mouvement était certainement la cause de la distension lente du sac rénal. Lorsque celui-ci fut plein, l'orifice externe se desserra doucement, puis s'ouvrit; sa lumière ronde resta visible pendant quelques secondes, puis disparut. Pendant ce temps, le sac était revenu sur lui-même : il était de nouveau plissé, ratatiné et vide. Il avait versé au dehors tout son contenu. Je répétai à plusieurs reprises la même observation; elle me donna chaque fois le même résultat. D'ailleurs, tout mécanisme, à l'aide duquel le sac rénal à parois minces et délicates pourrait se distendre de lui-même pour appeler l'eau du dehors, m'a paru manquer.

« Chez les Firoles, il en est tout autrement. Non seulement les parois musculaires du sac rénal peuvent, en se contractant, diminuer comme chez le Phyllirhoë la cavité de l'organe, mais tout un système de muscles extérieurs peut produire une véritable diastole du rein par un mécanisme comparable à celui qui amène la diastole du cœur chez beaucoup de Crustacés.

« L'eau pénètre donc abondamment dans le rein des Firoles à chacun de ses battements; le fait est incontestable, mais il s'agit, pour nous, de savoir :

« 1° Si, dans les conditions normales, cette eau pénètre jusque dans le péricarde;

« 2° Si un liquide, au contraire, ne sort pas du même réservoir.

« Pour répondre à la première question, le 8 janvier dernier, je plaçai une Firole bien vivante dans l'eau de mer sous la loupe et versai quelques gouttes d'encre de Chine autour de l'orifice externe du rein. L'encre appelée par la diastole pénétra dans l'organe, puis en sortit à la systole. Je répétai l'expérience plusieurs fois. Jamais aucune particule colorée ne pénétra dans le péricarde.

» Je pris alors une pipette extrêmement fine; je l'introduisis dans l'orifice rénal, et avec précaution je remplis l'organe du même noir. A chaque systole qui suivit l'opération, une bouffée d'encre sortait du rein, à chaque diastole une ondée d'eau pure la remplaçait, si bien qu'au bout de cinq ou six mouvements alternatifs l'organe fut complètement lavé sans qu'aucune particule d'encre soit entrée dans le péricarde défendu, comme j'ai pu le constater, par une véritable valvule.

« Cette expérience a été répétée plusieurs fois. Je crois pouvoir conclure que, dans l'état normal, l'eau qui baigne la cavité du rein ne pénètre pas dans le péricarde.

« Mais sort-il un liquide du péricarde? Répondre à cette deuxième question semblait plus difficile.

« J'introduisis encore ma pipette dans la cavité du rein, mais cette fois je poussai fortement l'injection qui, le rein une fois distendu, franchit le passage péricardique en forçant la valvule.

« Le péricarde fut rempli d'encre qui reflua même dans les lacunes viscérales. Après un instant de stupeur, le cœur recommença à battre, le rein également et alors j'eus le plaisir de voir qu'à chaque diastole du reiu une bouffée d'encre sortait du péricarde pour aller dans le rein et de là au dehors.

« J'observai longtemps le jeu de ce mécanisme, grâce auquel peu à peu l'encre versée dans le péricarde était rejetée au dehors. Le cœur d'abord. très masqué par l'encre noire qui l'entourait, redevenait peu à peu visible; je pus alors constater qu'il était rempli d'un liquide parfaitement transparent, qu'aucune particule n'y avait pénétré et que les perforations de sa paroi, à travers lesquelles, d'après Leuckart, l'eau devrait s'introduire dans sa cavité, étaient purement imaginaires.

« La Firoie était fort bien portante; le soir, je la mis au frais dans une cuvette et le lendemain je la retrouvai encore agile; de l'encre qui avait rempli le péricarde l ne restai plus aucune trace.

« Cette expérience répétée une seconde fois m'a donné les mêmes résultats.

« J'en conclus que, chez les Firoles comme chez le Phyllirhoë, le sac rénal a pour fonction de puiser un liquide dans le sang pour le verser au dehors, mais non de puiser de l'eau au dehors pour la verser dans le sang. Je ne veux pas tirer de ces expériences plus qu'elles ne peuvent donner légitimement et je n'étendrai pas pour le moment au delà mes conclusions, mais il semble *a priori* que, comme je l'ai souvent entendu professer à M. de Lacaze-Duthiers, un organe dont la principale fonction est de sécréter des produits d'élimination tels que l'urée, ne doit pas se trouver sur le trajet de courants d'eau dirigés vers l'organisme, tandis qu'au contraire il est fort bien à sa place sur le parcours d'un courant centrifuge.

« On sait depuis longtemps que chez les Mollusques des quantités d'eau souvent importantes peuvent être introduites dans le système veineux ou rejetées au dehors pour des besoins ordinairement mécaniques. Mais on sait aussi qu'il existe des orifices speciaux, tels que ceux que ceux que M. de Lacaze-Duthiers a décrits dans le Dentale, dans le Pleurobranche orange et la Théthys léporine et qui peut-être peuvent remplir ce but.

« Pour ce qui regarde les Hétéropodes qui seuls font l'objet de cette Note, il me



semble que l'organe rénal, à côté de sa fonction glandulaire, à côté de la fonction respiratoire qu'il accomplit incontestablement chez les Firoles, a encore pour fonction de verser continuellement au dehors l'excès d'eau qui peut être introduit dans le sang, soit par des orifices spéciaux, soit par simple endosmose.

« J'insisterai encore sur l'importance du volume d'eau qui semble traverser l'organisme de beaucoup d'animaux aquatiques.

« Quelques calculs basés sur mes observations sur le Phillirhoë me font penser que ce petit Mollusque rejette au dehors un volume de liquide qui équivaudrait pour l'homme à environ 48 litres d'urine en vingt-quatre heures.

« Chez les Rotateurs, le volume de liquide expulsé doit être, dans beaucoup de cas, encore bien supérieur, car la vésicule pulsatile se vide souvent toutes les deux ou trois minutes.

« Chez le *Polyarthra platyptera*, je l'ai vue se contracter jusqu'à dix fois par minute, ce qui représenterait, pour l'eau expulsée pendant une heure, un volume au moins égal à celui de l'animal lui-même. »

Le propriétaire-gérant : O. DOIN.

Coulommiers. — Imp. P. BRODARD et Cie.



BUFFON

SES IDÉES, SON ROLE DANS L'HISTOIRE DES SCIENCES, SON ŒUVRE

ET LE DÉVELOPPEMENT DES SCIENCES NATURELLES DEPUIS SON ÉPOQUE [1]

Par J.-L. de LANESSAN

(Suite [2].)

Examinons maintenant son opinion sur le rôle des actions chimiques et de l'électricité dans la fusion des matériaux volcaniques. L'état des sciences physique et chimique était encore si rudimentaire à l'époque de Buffon qu'il ne pouvait avoir, relativement au rôle joué par l'électricité et les réactions chimiques dans la production de la chaleur du globe, que des idées purement hypothétiques, de simples « vues de l'esprit », pour me servir d'une expression qui lui était chère ; mais j'ajoute que ces vues ont été continuées, dans une très large mesure, par les découvertes de la science moderne et le seront probablement encore davantage. La première base scientifique qui ait été donnée à ces idées a été fournie par M. Davy. Il émit l'opinion qu'une grande quantité de métaux peuvent exister à l'état non oxydé dans l'intérieur de la terre; que l'eau pénétrant dans le sol par les fissures des roches, et même à travers les pores dont les plus dures sont munies, et entraînant de l'oxygène, peut porter ce gaz au contact des métaux, qui s'oxydent en produisant une quantité de chaleur assez considérable pour déterminer la fusion des roches voisines. Si cette manière de voir était exacte, il se formerait sans cesse, dans divers endroits de la portion superficielle de la terre, des amas de substances fondues, sortes de creusets gigantesques dans lesquels il suffirait qu'une certaine quantité d'eau pût pénétrer pour qu'il se produisît une rupture de la partie sus-jacente de la terre et une éruption de matières en fusion, c'est-à-dire un volcan. Un grand nombre de faits tendent à corroborer cette manière de voir.

Il est certain d'abord que l'eau pénètre avec la plus grande facilité dans l'intérieur du globe, à une profondeur très considérable, soit par des fissures, soit même à travers les roches les plus dures. La décomposition des granits par l'eau est une preuve irrécusable entre

1. Cette étude a été écrite pour servir d'introduction à une édition complète des œuvres de Buffon, y compris la correspondance, qui paraîtra dans quelques jours à la librairie Levasseur, 33, rue de Fleurus, Paris.

2. Voir le numéro précédent.

mille de la faculté qu'a l'eau de traverser toutes les roches, notamment le granite. Il n'est pas moins certain qu'il existe dans l'intérieur de la terre des métaux privés d'oxygène ou n'en contenant qu'une proportion assez faible pour qu'ils soient susceptibles d'en prendre une beaucoup plus considérable. Les sulfures de fer et le sulfure de zinc se trouvent en grande quantité dans le sol. Or, tous les sulfures s'oxydent facilement; tantôt il ne se forme ainsi que des oxydes métalliques qu'on trouve à l'état d'efflorescence à la surface du minéral; c'est ainsi que l'ocre et la fleur d'antimoine se produisent à la surface de la stilbine, que la fleur d'arsenic se forme à la surface de la pyrite d'arsenic, etc. Tantôt les sulfures se transforment en sulfates sous l'influence de l'oxygène. Le sulfure de fer devient du sulfate de fer qui lui-même est susceptible de subir de nouvelles oxydations et de se changer en limonite, en mettant en liberté de l'acide sulfurique; celui-ci attaquant d'autres métaux donnera des sulfates; par exemple, s'il se porte sur des calcaires (carbonates de chaux), il les transformera en gypse (sulfate de chaux). Le sulfure de zinc ou blende s'oxyde facilement, puis donne du sulfate de zinc; le sulfure de plomb (galène) s'oxyde avec non moins de facilité pour donner du sulfate de plomb. Le sulfure de cuivre (pyrite de cuivre) forme aussi volontiers avec l'oxygène du sulfate de cuivre. Tous ces sulfates sont, comme celui de fer, susceptibles de subir de nouvelles oxydations, et de perdre une partie de leur acide sulfurique, qui sert à faire d'autres sulfates. Il est à peine utile d'ajouter que toutes ces oxydations sont accompagnées de production de chaleur et que, si les masses de sulfures et celles de l'oxygène qui sont mises en contact sont considérables, cette combinaison avec l'oxygène est de nature à développer une quantité de chaleur sans nul doute assez considérable pour déterminer la fusion des roches voisines. Cette chaleur favorise du reste beaucoup d'autres oxydations et réactions chimiques diverses, qui elles-mêmes produisent une nouvelle quantité de calorique. Un grand nombre de carbonates métalliques se forment sous l'influence des sulfates qui proviennent de l'oxydation des sulfures, l'acide sulfurique abandonnant l'oxyde métallique pour prendre la place de l'acide carbonique combiné avec les alcalis et les terres; l'acide carbonique ainsi mis en liberté se porte alors sur l'oxyde métallique pour former avec lui un carbonate; c'est très probablement de cette façon que se forment, dans l'intérieur du sol, l'azurite, la malachite, la céruse, etc.

L'hydrogène sulfuré, qui existe en abondance dans le sol de certaines régions, est encore transformé par l'oxygène en acide sulfuri-

que, qui lui-même sert ensuite à former des sulfates. L'oxydation des silicates d'oxydule de fer se fait avec une telle rapidité que, « si les réductions ne venaient s'opposer à ces oxydations, tous les silicates d'oxydule de fer disparaîtraient à la fin, en peu de temps, du règne minéral » (Credner)[1]. L'oxygène se combine même dans le sol avec toutes les substances d'origine animale ou végétale avec lesquelles il est mis en contact. Sans parler de la formation de la houille, de la tourbe, de l'anthracite, de la lignite, du graphite, etc., qui est due à l'oxydation ou combustion lente des végétaux, l'oxygène mis en contact avec ces substances dans l'intérieur du sol les transforme encore, les brûle, en produisant le bitume, les huiles minérales, le naphte, le pétrole, etc. Les oxydations de cette sorte sont certainement d'une très grande importance si l'on en juge par l'énorme quantité d'acide carbonique qui s'échappe de l'intérieur de la terre, soit à l'état de gaz, soit en dissolution dans les eaux minérales; nous devons ajouter qu'une portion plus grande encore peut-être de l'acide carbonique résultant de l'oxydation du carbone des plantes fossiles sert à produire, dans l'intérieur du sol, une partie de l'énorme quantité de carbonates que nous offre la terre.

Les phénomènes de combustion que l'oxygène détermine par son contact avec les matières organiques contenues dans le sol sont parfois assez intenses pour produire de véritables petits volcans auxquels on a donné le nom de *volcans de boue*. Ce sont de petits cônes aplatis, ayant depuis 1 mètre jusqu'à 150 mètres de hauteur, formés d'argile qui se dessèche pendant les périodes d'inaction, mais qui, pendant l'activité, prend la consistance d'une boue épaisse de laquelle se dégagent du protocarbure d'hydrogène, de l'oxyde de carbone, de l'acide carbonique et, parfois, du naphte ou du pétrole. A l'état paroxysmal, les éruptions sont précédées et accompagnées d'oscillations du sol; la boue s'échauffe, le cratère qui termine le cône lance de la boue et des pierres jusqu'à une hauteur de 30 mètres de haut, puis laisse échapper un courant de boue liquide, argileuse, bouillante, riche en chlorure de sodium et en naphte. La quantité de ces matières est parfois si considérable qu'elle peut se répandre jusqu'à 1,000 ou 1,500 mètres du cratère. Il existe presque toujours, à proximité des volcans de boue, des sources de pétrole. « La dépendance des volcans de boue à l'égard de vastes centres souterrains de décomposition organique se montre ici à l'évidence, dit Credner[2], par les sources de naphte qui les accom-

1. *Traité de géologie et de paléontologie*, p. 185.
2. *Ibid.*, p. 255.

pagnent toujours. » L'Italie, la Sicile, l'Islande possèdent des volcans de boue; mais les plus importants se trouvent dans le voisinage de la mer Caspienne. Le pétrole, formé par oxydation des matières organiques contenues dans le sol, est lui-même susceptible de s'oxyder encore pour donner d'autres produits. C'est de l'oxydation du pétrole que résultent la poix minérale et l'asphalte solide; c'est encore par suite de l'oxydation lente des matières bitumineuses qu'il contient que le calcaire asphaltique de Hammer, dans le Hanovre, devient blanc à la surface, tandis qu'il est noir dans les parties centrales qui n'ont pas encore subi le contact et l'action de l'oxygène.

Un grand nombre d'autres phénomènes chimiques de diverses sortes se produisent dans le sol, sur lesquels il serait trop long d'insister. Des minéraux anhydres s'hydratent en changeant de caractères extérieurs et de volume. L'anhydrite se transforme en gypse avec une extrême rapidité; l'oligiste se transforme en limonite, etc. Des carbonates se forment par altération des silicates, sous l'influence de l'acide carbonique apporté par l'eau de la surface ou mis en liberté par les oxydations de matières organiques signalées plus haut; d'autre part, les carbonates alcalins décomposent le silicate de chaux, le fluorure de chaux; les silicates d'ammoniaque agissent sur le chlorure de sodium, sur le sulfate de chaux ou de magnésie et déterminent la formation de silicate de magnésie, de sulfates d'alcalis, etc. [1].

Innombrables sont les phénomènes chimiques qui se produisent dans le sol, sous la seule action de l'eau qui dissout les corps, les apporte au contact les uns des autres et les soumet à l'action des gaz qu'elle tient en dissolution. Très grande, par suite, doit être la quantité de chaleur produite par tous ces phénomènes chimiques. Mais la chaleur elle-même détermine la production d'autres phénomènes et active leur intensité, tandis qu'elle-même joint son action à celle des réactions chimiques pour déterminer, comme nous allons le montrer, la production de courants électriques destinés à engendrer de nouvelles quantités de calorique et à provoquer de nouvelles réactions chimiques dans les substances qu'ils traversent. Il est donc permis d'admettre avec Buffon que les phénomènes chimiques jouent un grand rôle dans la formation des substances fondues que rejettent les volcans. Que ces phénomènes prennent une grande intensité dans un point donné du globe, par suite de la pénétration en ce point d'une grande quantité d'eau et d'oxygène, et ils pourront déterminer la production d'une chaleur assez élevée pour que les roches soient fon-

1. Voyez une liste de ces actions dans CREDNER, *Traité de géologie et de paléontologie*, p. 190 et suiv.

dues sur une étendue peut-être très considérable. Un nouvel apport d'eau et de gaz au contact de la masse fondue suffira désormais pour provoquer la formation d'un volcan. L'eau, se transformant en vapeur au contact de la masse ignée, se dilatera, soulèvera la croûte terrestre sus-jacente, la fera éclater et poussera au dehors les matériaux en fusion contenus dans le creuset du volcan. Buffon avait donc raison d'attribuer en partie les phénomènes volcaniques aux « feux allumés par l'effervescence des matières pyriteuses et combustibles que la terre recèle en tant d'endroits. » Mais, ainsi que le fait remarquer Lyell [1], « les difficultés que l'on rencontre, lorsqu'on essaye d'établir une théorie chimique des volcans, sont presque insurmontables en raison de notre incapacité à démontrer expérimentalement la manière dont se comporteraient diverses substances solides, liquides ou gazeuses, sous des conditions de température et de pression complètement différentes de celles qui existent à la surface de la terre. Une simple variation dans la quantité de chaleur peut entraîner, observe Seemann, des modifications essentielles dans les affinités chimiques des corps. Le mercure, remarque le même auteur, ne se combine pas avec l'oxygène à la température ordinaire, mais bien à celle du point d'ébullition, et se débarrasse ensuite de ce gaz à la chaleur rouge naissante. Nous avons donc ici, dans les limites de quelques centaines de degrés, trois états différents d'affinité chimique; et qui oserait affirmer qu'après cette dernière phase de séparation l'action chimique cesse entre ces deux éléments d'une manière définitive et pour toutes les températures supérieures ? Or, ce qui est vrai à l'égard du mercure et de l'oxygène l'est aussi pour tous les autres éléments. »

Nous avons dit plus haut que la science moderne confirme les vues de Buffon relatives à l'action des phénomènes magnétiques et électriques sur la production des matières fondues que rejettent les volcans. Quelques mots de démonstration sont nécessaires. Depuis le commencement de ce siècle, les physiciens sont restés fidèles à l'idée d'Ampère que tous les phénomènes de l'aiguille magnétique sont dus à des courants électriques circulant dans les couches superficielles du globe, dans des directions parallèles à l'équateur magnétique; mais les physiciens ne sont pas autant d'accord quand il s'agit de décider à quelle cause sont dus les courants électriques terrestres. Les uns les attribuent aux phénomènes chimiques qui se produisent dans le sol sous l'influence de l'eau et de l'air qui y pénètrent; les autres à la

1. *Principes de géologie*, t. II, p. 301.

thermo-électricité, déterminée dans le sol par la chaleur du soleil; d'autres enfin les attribuent, partiellement du moins, à la thermo-électricité développée par la chaleur des cavités volcaniques. Examinons rapidement ces opinions. Il ne paraît guère permis de douter que les innombrables réactions chimiques dont le sol est le siège ne soient de nature à produire des courants électriques d'une grande intensité, mais aucun fait ne prouve que les courants ayant cette origine aient une action sensible sur l'aiguille aimantée. La dernière opinion, qui attribue les courants électriques de la terre à des phénomènes thermo-électriques déterminés par la chaleur solaire, peut invoquer à son aide des faits très importants. Rappelons d'abord que l'on désigne sous le nom de phénomènes thermo-électriques ceux qui sont déterminés dans un corps par l'inégalité de température de deux ou plusieurs points de sa masse. Lorsque, par exemple, on chauffe l'une des extrémités d'une barre de fer, on constate qu'il se produit dans cette barre un courant électrique allant de l'extrémité chaude vers la froide et qu'on peut à volonté changer la direction du courant en chauffant tantôt l'une, tantôt l'autre extrémité. Or, grâce à son mouvement de rotation diurne, la terre se trouve dans le cas du barreau de fer dont nous venons de parler. Chacune de ses faces se trouvant successivement exposée aux rayons du soleil, elle jouit toujours d'une température plus chaude sur la face qui regarde le soleil que sur l'autre; elle est dans le cas de la barre de fer dont une extrémité seule est chauffée; un courant thermo-électrique doit donc se produire dans sa masse, se dirigeant de la face chauffée vers la face froide, et changeant de direction au bout de 12 heures, lorsque la face qui était froide se trouve réchauffée par son exposition au soleil, tandis que l'autre entre dans le froid et l'obscurité de la nuit. « Ce qui prouve, fait observer Lyell [1], que cette idée n'est point une simple conjecture, c'est, d'une part, la correspondance des variations diurnes de l'aiguille aimantée avec le mouvement apparent du soleil; de l'autre, la somme de variations qui est plus grande en été qu'en hiver, et pendant le jour que pendant la nuit. »

D'autres phénomènes thermo-électriques peuvent encore être déterminés dans l'intérieur de la terre par les inégalités de température que provoquent les foyers volcaniques. Le savant anglais que je viens de citer dit à cet égard : « Partout où l'on rencontre des masses de roches d'une grande étendue horizontale et d'une profondeur considérable, qui, sur un point, sont à l'état de fusion (comme au-dessous

1. *Principes de géologie*, t. II, p. 206.

de quelques volcans actifs), sur un autre, à la température de la chaleur rouge, et sur un troisième, relativement refroidies, il peut arriver que l'action thermo-électrique soit fortement excitée et que les courants électriques, une fois dans cet état, fondent les roches et jouissent du pouvoir décomposant de la pile électrique [1]. » L'électricité agirait donc, dans ces cas, d'un côté, par elle-même, en élevant la température des roches au point de les fondre; d'un autre côté, indirectement, en provoquant la production de phénomènes chimiques capables d'engendrer une nouvelle quantité de chaleur qui viendrait s'ajouter à la première.

Il n'est pas jusqu'aux modifications qui se produisent périodiquement ou accidentellement dans les taches du soleil dont on n'ait constaté l'influence sur les phénomènes magnétiques dont la terre est le siège. L'électricité et le magnétisme doivent donc jouer un rôle d'une haute importance dans la production de la chaleur terrestre. Quand Buffon et, cent ans après lui, le savant géologue Lyell leur attribuent, conjointement aux phénomènes chimiques, la propriété de développer une chaleur suffisante pour fondre des roches et créer les gigantesques creusets dans lesquels bouillonnent les laves fondues des volcans, ils émettent une hypothèse au moins aussi plausible que celle des géologues qui expliquent les volcans par l'existence, au centre de la terre, d'une masse en fusion.

Nous sommes maintenant en mesure de revenir à cette hypothèse, qui est, il faut bien le dire, la plus généralement admise à l'heure actuelle par les géologues. Les seules raisons qu'on invoque en sa faveur sont les suivantes : En premier lieu, les volcans existent ou ont existé dans les points les plus divers du globe, près des pôles comme près de l'équateur et sur tous les points intermédiaires. En second lieu, on les trouve dans tous les terrains et à tous les âges de la terre, aussi bien sous les montagnes que dans les plaines et sous la mer. En troisième lieu, leurs phénomènes sont partout identiques. On en conclut, en violant quelque peu les règles de la logique, qu'ils sont indépendants de la portion superficielle du globe, qu'ils ont leur source dans les régions profondes et que ces sources ne peuvent être que le « *feu central* ». Un ouvrage essentiellement classique aussi bien en France qu'en Allemagne, déjà cité plusieurs fois [2], s'exprime sur ce sujet de la façon suivante : « La répartition des volcans et des sources chaudes à la surface de la terre est tout à fait in-

1. *Principes de géologie*, t. II, 298.
2. Credner, *Traité de géologie et de paléontologie*, p. 156.

dépendante des rapports physiques et de la composition géognostique. Nous voyons des volcans sur tous les continents, dans chaque océan, à toute latitude, près du pôle et sous l'équateur, sur les plateaux les plus élevés et sur les côtes des montagnes, comme sous le niveau des mers; enfin, ils ne sont liés à aucune formation et se montrent aussi bien aux plus anciennes périodes de la terre qu'à l'âge actuel. De cette complète indépendance des volcans par rapport à la croûte superficielle du globe, on peut conclure que la cause de leur activité doit être cherchée dans les *régions profondes* de la terre. De l'existence des phénomènes volcaniques par toute la terre, on peut aussi conclure à l'existence en tous points de leur cause matérielle; et enfin, la concordance des produits éruptifs des volcans d'ailleurs éloignés les uns des autres, leur identité de structure, la similitude des phénomènes volcaniques apportent aussi la preuve de leur communauté d'origine. On peut dire la même chose des sources chaudes. On les voit sourdre sous toutes les zones, sur les îles comme au milieu des continents. Toutes ces circonstances nous conduisent à admettre que les phénomènes volcaniques ne sont rien autre chose que les *manifestations intérieures du feu central de la terre*[1]. »

Il ne me paraît pas utile d'insister beaucoup sur le vice des conclusions que je viens de rapporter. Il est bien manifeste que tous les caractères des volcans sont aussi faciles à expliquer par l'hypothèse de foyers localisés, répandus dans l'épaisseur des couches superficielles de la terre, que par celle du feu central. L'existence d'un noyau de substances en fusion au centre de la terre n'est pas indispensable à celle des foyers de volcans, puisque les phénomènes chimiques et magnétiques dont la terre est indubitablement le siège sont assez intenses pour produire la chaleur nécessaire à la fusion de toutes les roches qui entrent dans la composition du sol et qui sont rejetées par les volcans.

Parmi les arguments qui ont été donnés en faveur de l'existence d'un noyau terrestre fluide et incandescent, nous devons rappeler, à la suite des volcans, les tremblements de terre. Mais comme, de l'avis de tous les géologues, les tremblements de terre sont très étroitement liés aux phénomènes volcaniques, ce que nous avons dit de ces derniers peut également s'appliquer aux premiers. S'il est possible d'attribuer les phénomènes volcaniques à l'existence, dans les couches superficielles de la terre, de cavités remplies de roches en fusion, on peut, avec autant de raison, appliquer cette hypothèse aux tremblements de terre.

1. Les passages que j'ai soulignés le sont aussi dans l'original.

Les phénomènes d'abaissement et de soulèvement constatés à la surface de la terre, non seulement aux époques anciennes de son histoire, mais encore de nos jours, peuvent être expliqués de la même façon; mais la nature particulière de cette étude m'oblige à entrer dans quelques détails à leur égard.

Exposons d'abord l'opinion émise par Buffon, relativement à la cause productrice de ces phénomènes. On peut distinguer à cet égard deux phases dans les idées de Buffon. Dans son discours sur l'*Histoire et la théorie de la terre*, il attribue la formation des montagnes, aussi bien que celle des vallées, à la seule action de l'eau, enlevant des matériaux d'un point de la surface de la terre pour aller les déposer dans un autre, creusant, dans le fond de la mer, des vallées dont les courants transportent les matériaux en d'autres points, où ils édifient des montagnes. Il avait été conduit à cette hypothèse par un fait sur lequel nous aurons à revenir plus tard : la présence de restes fossiles d'animaux et de végétaux, non seulement dans le fond des vallées, mais jusque sur le sommet des plus hautes montagnes[1]. Il en conclut que la mer avait dû recouvrir le globe entier et qu'elle avait créé, par le flux et le reflux de ses eaux, toutes les inégalités que nous constatons à la surface du sol.

« Nous sommes assurés, dit-il[2], par des observations exactes, réitérées et fondées sur des faits incontestables, que la partie sèche du globe que nous habitons a été longtemps sous les eaux de la mer; par conséquent, cette même terre a éprouvé pendant tout ce temps les mêmes mouvements, les mêmes changements qu'éprouvent actuellement les terres couvertes par la mer. Il paraît que notre terre a été un fond de mer ; pour trouver donc ce qui s'est passé autrefois sur cette terre, voyons ce qui se passe aujourd'hui sur le fond de la mer, et de là nous tirerons des inductions raisonnables sur la forme extérieure et la composition intérieure des terres que nous habitons.....

« Examinons de près[3] la possibilité ou l'impossibilité de la formation d'une montagne dans le fond de la mer par le mouvement et par le sédiment des eaux. Personne ne peut nier que, sur une côte contre laquelle la mer agit avec violence dans le temps qu'elle est agitée par le flux, ces efforts réitérés ne produisent quelque changement, et que les eaux n'emportent à chaque fois une petite portion de la terre de la côte; et, quand même elle serait bordée de rochers, on sait que l'eau

1. Ajoutons que Buffon croyait au parallélisme constant des couches de roches qui forment la surface de notre globe. Nous verrons plus bas que cette opinion est erronée.
2. *Histoire et théorie de la terre*, t. Ier, p. 43.
3. *Ibid.*, p. 44.

use peu à peu ces rochers et que par conséquent elle en emporte de petites parties à chaque fois que la vague se retire après s'être brisée : ces particules de pierre ou de terre seront nécessairement transportées par les eaux jusqu'à une certaine distance et dans de certains endroits où le mouvement de l'eau, se trouvant ralenti, abandonnera ces particules à leur propre pesanteur, et alors elles se précipiteront au fond de l'eau en forme de sédiment, et là elles formeront une première couche horizontale ou inclinée, suivant la position de la surface du terrain sur laquelle tombe cette première couche, laquelle sera bientôt couverte et surmontée d'une autre couche semblable et produite par la même cause, et insensiblement il se formera dans cet endroit un dépôt considérable de matière, dont les couches seront posées parallèlement les unes sur les autres; cet amas augmentera toujours par les nouveaux sédiments que les eaux y transporteront, et peu à peu, par succession de temps, il se formera une élévation, une montagne dans le fond de la mer, qui sera entièrement semblable aux éminences et aux montagnes que nous connaissons sur la terre, tant pour la composition intérieure que pour la forme extérieure. S'il se trouve des coquilles dans cet endroit du fond de la mer où nous supposons que se fait notre dépôt, les sédiments couvriront ces coquilles et les rempliront; elles seront incorporées dans les couches de cette matière déposée, et elles feront partie des masses formées par ces dépôts; on les y trouvera dans la situation qu'elles auront acquise en y tombant, ou dans l'état où elles auront été saisies; car dans cette opération celles qui se seront trouvées au fond de la mer, lorsque les premières couches se seront déposées, se trouveront dans la couche la plus basse, et celles qui seront tombées depuis dans ce même endroit se trouveront dans les couches plus élevées.

« Tout de même, lorsque le fond de la mer sera remué par l'agitation des eaux, il se fera nécessairement des transports de terre, de vase, de coquilles et d'autres matières dans de certains endroits où elles se déposeront en forme de sédiment ; or nous sommes assurés par les plongeurs qu'aux plus grandes profondeurs où ils puissent descendre, qui sont de vingt brasses, le fond de la mer est remué au point que l'eau se mêle avec la terre, qu'elle devient trouble, et que la vase et les coquillages sont emportés par le mouvement des eaux à des distances considérables ; par conséquent, dans tous les endroits de la mer où l'on a pu descendre, il se fait des transports de terre et de coquilles qui vont tomber quelque part et former, en se déposant, des couches parallèles et des éminences qui sont composées comme nos montagnes le sont; ainsi le flux et le reflux, les vents, les cou-

rants et tous les mouvements des eaux produiront des inégalités dans le fond de la mer, parce que toutes ces causes détachent du fond et des côtes de la mer des matières qui se précipitent ensuite en forme de sédiments.

« Au reste, il ne faut pas croire que ces transports de matières ne puissent pas se faire à des distances considérables, puisque nous voyons tous les jours des graines et d'autres productions des Indes orientales et occidentales arriver sur nos côtes; à la vérité, elles sont spécifiquement plus légères que l'eau, au lieu que les matières dont nous parlons sont plus pesantes; mais, comme elles sont réduites en poudre impalpable, elles se soutiendront assez longtemps dans l'eau pour être transportées à de grandes distances.

« Ceux qui prétendent que la mer n'est pas remuée à de grandes profondeurs ne font pas attention que le flux et le reflux ébranlent et agitent à la fois toute la masse des mers, et que dans un globe qui serait entièrement liquide il y aurait de l'agitation et du mouvement jusqu'au centre; que la force qui produit celui du flux et du reflux est une force pénétrante qui agit sur toutes les parties proportionnellement à leurs masses; qu'on pourrait même mesurer et déterminer par le calcul la quantité de cette action sur un liquide à différentes profondeurs, et qu'enfin ce point ne peut être contesté qu'en se refusant à l'évidence du raisonnement et à la certitude des observations.

« Je puis donc supposer légitimement que le flux et le reflux, les vents et toutes les autres causes qui peuvent agiter la mer doivent produire par le mouvement des eaux des éminences et des inégalités dans le fond de la mer, qui seront toujours composées de couches horizontales ou également inclinées; ces éminences pourront avec le temps augmenter considérablement et devenir des collines qui dans une longue étendue de terrain se trouveront, comme les ondes qui les auront produites, dirigées du même sens, et formeront peu à peu une chaîne de montagnes. Ces hauteurs, une fois formées, feront obstacle à l'uniformité du mouvement des eaux, et il en résultera des mouvements particuliers dans le mouvement général de la mer. Entre deux hauteurs voisines, il se formera nécessairement un courant qui suivra leur direction commune et coulera comme coulent les fleuves de la terre, en formant un canal dont les angles sont alternativement opposés dans toute l'étendue de son cours; ces hauteurs formées au-dessus de la surface du fond pourront augmenter encore de plus en plus; car les eaux qui n'auront que le mouvement du flux déposeront sur la cime le sédiment ordinaire, et celles qui obéiront au courant entraîneront au loin les parties qui se seraient déposées entre

deux, et en même temps elles creuseront un vallon au pied de ces montagnes, dont tous les angles se trouveront correspondants, et par l'effet de ces deux mouvements et de ces dépôts le fond de la mer aura bientôt été sillonné, traversé de collines et de chaînes de montagnes, et semé d'inégalités telles que nous les y trouvons aujourd'hui. Peu à peu, les matières molles dont les éminences étaient d'abord composées se seront durcies par leur propre poids; les unes, formées de parties purement argileuses, auront produit ces collines de glaise qu'on trouve en tant d'endroits; d'autres, composées de parties sablonneuses et cristallines, ont fait ces énormes amas de rochers et de cailloux d'où l'on tire le cristal et les pierres précieuses; d'autres, faites de parties pierreuses mêlées de coquilles, ont formé ces lits de pierres et de marbres où nous retrouvons ces coquilles aujourd'hui; d'autres enfin, composées d'une matière encore plus *coquilleuse* et plus terrestre, ont produit les marnes, les craies et les terres; toutes sont posées par lits, toutes contiennent des substances hétérogènes, les débris des productions marines s'y trouvent en abondance et à peu près suivant le rapport de leur pesanteur; les coquilles les plus légères sont dans les craies, les plus pesantes dans les argiles et dans les pierres, et elles sont remplies de la matière même des pierres et des terres où elles sont renfermées, preuve incontestable qu'elles ont été transportées avec la matière qui les environne et qui les remplit, et que cette matière était réduite en particules impalpables; enfin toutes ces matières, dont la situation s'est établie par le niveau des eaux de la mer, conservent encore aujourd'hui leur première position.

. . . .

« Le mouvement général du flux et du reflux a donc produit les plus grandes montagnes qui se trouvent dirigées d'occident en orient dans l'ancien continent, et du nord au sud dans le nouveau, dont les chaînes sont d'une étendue très considérable; mais il faut attribuer aux mouvements particuliers des courants, des vents et des autres agitations de la mer l'origine de toutes les autres montagnes; elles ont vraisemblablement été produites par la combinaison de tous ces mouvements, dont on voit bien que les effets doivent être variés à l'infini, puisque les vents, la position différente des îles et des côtes ont altéré de tous les temps et dans tous les sens possibles la direction du flux et du reflux des eaux : ainsi il n'est point étonnant qu'on trouve sur le globe des éminences considérables dont le cours est dirigé vers différentes plages; il suffit pour notre objet d'avoir démontré que les montagnes n'ont pas été placées au hasard et qu'elles n'ont point été produites par des tremblements de terre ou par

d'autres causes accidentelles, mais qu'elles sont un effet résultant de l'ordre général de la nature, aussi bien que l'espèce d'organisation qui leur est propre et la position des matières qui les composent. »

J'ai insisté sur cette opinion de Buffon, parce qu'elle offre un intérêt considérable, non seulement au point de vue de la question spéciale qui nous occupe, mais encore au point de vue beaucoup plus général des causes qui ont agi à la surface de notre globe pour en modifier l'aspect. Nous reviendrons plus bas sur cette partie de la question.

Dans ses *Époques de la nature*, Buffon assigne une autre origine à certaines montagnes. Tandis que dans l'*Histoire et théorie de la terre* il attribuait la formation de toutes ces éminences, grandes ou petites, à l'action lente des eaux de la mer, dans les *Epoques* il distingue deux sortes de montagnes, ou mieux deux parties dans la plupart des montagnes, l'une produite par les eaux, l'autre, plus ancienne, tirant son origine des phénomènes dont la surface de la terre a été le siège pendant qu'elle était encore incandescente, mais à l'heure où déjà sa consolidation commençait à se produire.

« Comparons, dit-il [1], les effets de cette consolidation du globe de la terre en fusion à ce que nous voyons arriver à une masse de métal ou de verre fondu, lorsqu'elle commence à se refroidir : il se forme à la surface de ces masses des trous, des ondes, des aspérités; et, au-dessous de la surface, il se fait des vides, des cavités, des boursouflures, lesquelles peuvent nous représenter ici les premières inégalités qui se sont trouvées sur la surface de la terre et les cavités de son intérieur; nous aurons dès lors une idée du grand nombre de montagnes, de vallées, de cavernes et d'anfractuosités qui se sont formées dès ce premier temps dans les couches extérieures de la terre. Notre comparaison est d'autant plus exacte que les montagnes les plus élevées, que je suppose de trois mille ou trois mille cinq cents toises de hauteur, ne sont, par rapport au diamètre de la terre, que ce qu'un huitième de ligne est par rapport au diamètre d'un globe de deux pieds. Ainsi, ces chaînes de montagnes, qui nous paraissent si prodigieuses, tant par le volume que par la hauteur, ces vallées de la mer, qui semblent être des abîmes de profondeur, ne sont dans la réalité que de légères inégalités proportionnées à la grosseur du globe et qui ne pouvaient manquer de se former lorsqu'il prenait sa consistance : ce sont des effets naturels produits par une cause tout aussi naturelle et fort simple, c'est-à-dire par l'action du refroidissement sur les matières en fusion, lorsqu'elles se consolident à la surface. »

1. *Epoques de la nature*, t. II, p. 39.

Un peu plus loin [1], pour bien montrer la distinction qu'il établit entre ces montagnes primitives et celles dont il attribue la formation à l'eau, il ajoute : « Ainsi, le premier établissement local des grandes chaînes de montagnes appartient à cette seconde époque, qui a précédé de plusieurs siècles celle de la formation des montagnes calcaires, lesquelles n'ont existé qu'après l'établissement des eaux, puisque leur composition suppose la production des coquillages et des autres substances que la mer fomente et nourrit. »

Il écrit encore, parlant de la topographie du globe, antérieurement à la chute des eaux, c'est-à-dire pendant la première phase de son refroidissement [2] : « Nous n'avons que quelques indices encore subsistants de la première forme de sa surface ; les plus hautes montagnes, composées de matières vitrescibles, sont les seuls témoins de cet ancien état ; elles étaient alors encore plus élevées qu'elles ne le sont aujourd'hui ; car, depuis ce temps et après l'établissement des eaux, les mouvements de la mer, et ensuite les pluies, les vents, les gelées, les courants d'eau, la chute des torrents, enfin toutes les injures des éléments de l'air et de l'eau, et les secousses des mouvements souterrains, n'ont pas cessé de les dégrader, de les trancher et même d'en renverser les parties les moins solides, et nous ne pouvons douter que les vallées qui sont au pied de ces montagnes ne fussent bien plus profondes qu'elles ne le sont aujourd'hui. »

Parmi les « éminences primitives » de la surface du globe terrestre, il range : la chaîne des Cordillères, les montagnes qui s'étendent en Afrique, dans le sens de son plus grand diamètre, depuis le cap de Bonne-Espérance jusqu'à la Méditerranée, vis-à-vis de la pointe de la Morée, et qui forment l'énorme chaîne désignée autrefois sous le nom d'*épine du monde;* la grande chaîne qui commence à l'occident de l'Europe, dans le sud de l'Espagne, gagne les Pyrénées, se continue par l'Auvergne et le Vivarais, puis par les Alpes jusqu'au Caucase et au Thibet, en mettant de chaque côté un grand nombre de branches principales.

« Les hautes montagnes que nous venons de désigner, dit-il après cette énumération [3], sont les éminences primitives, c'est-à-dire les aspérités produites à la surface du globe au moment qu'il a pris sa consistance ; elles doivent leur origine à l'effet du feu et sont aussi, par cette raison, composées, dans leur intérieur et jusqu'à leurs sommets, de matières vitrescibles : toutes tiennent par leur base à la roche

1. *Époques de la nature*, p. 40.
2. *Ibid.*, p. 45.
3. *Ibid.*, p. 47.

intérieure du globe, qui est de même nature. Plusieurs autres éminences moins élevées ont traversé dans ce même temps et presque en tous sens la surface de la terre, et l'on peut assurer que, dans tous les lieux où l'on trouve des montagnes de roc vif ou de toute autre matière solide et vitrescible, leur origine et leur établissement local ne peuvent être attribués qu'à l'action du feu et aux effets de la consolidation, qui ne se fait jamais sans laisser des inégalités sur la superficie de toute masse de matière fondue.

« En même temps que ces causes ont produit des éminences et des profondeurs à la surface de la terre, elles ont aussi formé des boursouflures et des cavités à l'intérieur, surtout dans les couches les plus extérieures : ainsi le globe, dès le temps de cette seconde époque, lorsqu'il eut pris sa consistance et avant que les eaux y fussent établies, présentait une surface hérissée de montagnes et sillonnée de vallées; mais toutes les causes subséquentes et postérieures à cette époque ont concouru à combler toutes les profondeurs extérieures et même les cavités intérieures; ces causes subséquentes ont aussi altéré presque partout la forme de ces inégalités primitives; celles qui ne s'élevaient qu'à une hauteur médiocre ont été pour la plupart recouvertes dans la suite par les sédiments des eaux, et toutes ont été environnées à leurs bases, jusqu'à de grandes hauteurs, de ces mêmes sédiments; c'est par cette raison que nous n'avons d'autres témoins apparents de la première forme de la terre que les montagnes composées de matière vitrescible, dont nous venons de faire l'énumération; cependant ces témoins sont sûrs et suffisants; car, comme les plus hauts sommets de ces premières montagnes n'ont peut-être jamais été surmontés par les eaux, ou du moins qu'ils ne l'ont été que pendant un petit temps, attendu qu'on n'y trouve aucun débris des productions marines, et qu'ils ne sont composés que de matières vitrescibles, on ne peut pas douter qu'ils ne doivent leur origine au feu et que ces éminences, ainsi que la roche intérieure du globe, ne fassent ensemble un corps continu de même nature, c'est-à-dire de matière vitrescible, dont la formation a précédé celle de toutes les autres matières. »

On voit que Buffon multiplie les efforts pour mettre d'accord l'opinion exprimée dans son *Histoire de la terre*, relativement à la formation des montagnes, avec celle qui lui est venue à l'esprit en écrivant trente ans plus tard les *Epoques de la nature*. Le moyen qu'il trouve est de supposer que la charpente, pour ainsi dire, de toutes les grandes chaînes de montagnes qui hérissent notre globe, est constituée par les boursouflements et aspérités qui se sont formés à l'époque du refroi-

dissement de la terre, tandis que le revêtement de cette charpente a été déposé par les eaux.

Si l'on veut bien comprendre le développement des idées qui ont tour à tour dominé, relativement à cette question, parmi les géologues, il faut avoir bien soin de séparer les deux parties de la théorie de Buffon : celle qui se rapporte à la formation de la charpente des montagnes, et celle qui a trait à leurs parties superficielles. Il faut distinguer aussi l'opinion émise dans l'*Histoire de la terre* de celle qui est formulée dans les *Epoques de la nature*. Tout le monde est d'accord aujourd'hui pour admettre avec Buffon que le revêtement à base calcaire ou siliceuse des montagnes a été formé sous les eaux. Personne n'oserait plus répéter la méchante et sotte plaisanterie que fit Voltaire à propos de la doctrine émise dans l'*Histoire de la terre;* le plus ignorant rougirait de dire avec lui que les coquilles trouvées sur les flancs et les sommets des montagnes y ont été perdues par des pèlerins. Mais, si tout le monde admet que la plus grande partie de la masse des montagnes a été déposée par les eaux, personne n'admet plus avec Buffon que c'est le flux et le reflux de la mer qui ont produit les éminences de notre globe. Tous les géologues sont, au contraire, d'accord pour voir dans les montagnes des portions du globe terrestre soulevées par un agent d'impulsion sous-jacent à ces éminences et procédant de bas en haut. C'est aussi, nous l'avons vu, dans une certaine mesure, l'opinion qu'admettait Buffon lui-même dans ses *Epoques de la nature*. Mais Buffon ne faisait porter le soulèvement que sur la charpente des montagnes, et il le datait de la période de refroidissement du globe, tandis que les géologues modernes assignent aux diverses montagnes des âges différents et admettent que le soulèvement a porté non seulement sur leur charpente, mais encore sur leur masse entière. Quelques détails sur ce sujet ne seront pas inutiles.

L'opinion qui a été pendant longtemps la plus généralement admise, relativement à la formation des montagnes, peut être résumée de la façon suivante. Le centre de la terre étant encore incandescent et fluide, la croûte solide n'ayant qu'une épaisseur relativement minime, il s'est produit, à diverses époques anciennes de l'histoire de notre globe, des affaissements locaux de la croûte terrestre; la masse fluide centrale, comprimée dans ces points, s'est forcément soulevée en d'autres pour former une montagne ou une chaîne de montagnes, tandis que les parties affaissées formaient des vallées ou même des mers si l'eau venait à les envahir. Si ces soulèvements se sont produits à une époque très reculée, en un point où la mer n'avait pas encore séjourné ou n'avait fait, pour ainsi dire, que passer, la mon-

tagne se montre formée uniquement de roches ignées primitives; si, au contraire, la mer avait régné dans ce point pendant un temps assez long pour qu'elle y ait laissé des dépôts épais de sédiments, ces derniers ont été brisés par la roche ignée interne, comme dans le premier cas, mais ils la recouvrent encore d'une couche continue. Dans l'un et l'autre cas, la montagne possède une charpente constituée par la roche primitive; le revêtement seul varie en épaisseur et en étendue. Que l'action du feu central se fasse sentir plus violemment encore, et la montagne elle-même se rompt, se transforme en volcan dont l'orifice donne passage à la substance liquide sous-jacente. Ajoutons que, d'après les uns, les soulèvements de montagnes avaient été aussi brusques et instantanés que violents, tandis que, pour d'autres, ils s'étaient produits avec une lenteur si grande qu'un observateur même attentif n'aurait pu les percevoir qu'avec de grandes difficultés et par les procédés les plus délicats de la science.

Bientôt même, les opinions se divisèrent sur la question de savoir si la charpente des montagnes était réellement constituée par des roches primitives, ou si les matériaux auxquels on avait jusqu'alors attribué cette antique origine n'étaient pas d'une naissance plus obscure et moins reculée. Enfin, on émit même des doutes relativement à la cause productrice des soulèvements, les uns la cherchant dans le feu central, tandis que d'autres, niant l'existence d'un noyau terrestre en fusion, la trouvaient dans l'existence de cavités superficielles pleines de matières liquides dont nous avons déjà parlé à propos des volcans. La dernière de ces questions est la seule qui nous intéresse en ce moment; nous reviendrons sur les autres avec plus d'à-propos quand nous étudierons les phases ultérieures de l'évolution du globe et les causes qui ont déterminé les transformations successives de sa surface. Nous pourrons alors mettre davantage en relief les parties de la théorie de Buffon sur la formation des montagnes qui sont en accord ou en désaccord avec les idées modernes.

Il est bien évident que, si l'on admet avec Lyell et d'autres géologues l'existence, dans l'épaisseur des régions superficielles du globe, de vastes cavités remplies de matières en fusion, on peut expliquer les soulèvements des montagnes et les affaissements corrélatifs des vallées et des mers avec la même facilité qu'à l'aide du feu central.

On peut donc conclure, à propos des soulèvements et affaissements dont la surface de la terre est le théâtre, comme à propos des volcans et des tremblements de terre, que ces phénomènes n'entraînent pas *nécessairement* l'existence d'un noyau terrestre fluide.

Si tous les phénomènes qui ont été mis sur le compte du feu central

peuvent trouver en lui une explication, il n'en est pas un seul qui nous mette dans l'obligation d'y croire; il n'en est pas un seul, en effet, qui ne puisse être expliqué sans lui.

Je dois ajouter que, si aucun des phénomènes qui se passent à la surface du globe ne rend indispensable l'hypothèse d'un noyau fluide central, certaines observations et certains calculs paraissent en démontrer la fausseté. L'un des plus illustres mathématiciens de ce siècle, Poisson, a combattu [1] par le calcul l'hypothèse non seulement de la fluidité, mais encore de la haute température attribuée au centre de la terre. Il paraît avoir pertinemment démontré que, si la terre s'est refroidie et solidifiée par suite du rayonnement de sa chaleur, c'est son centre qui a dû le premier se refroidir et se solidifier. D'autres calculs aussi exacts qu'il est possible d'en faire sur un semblable sujet ont conduit à des résultats conformes à celui qu'a obtenu Poisson. Hopkins [2], recherchant les variations qui devraient être introduites dans la précession des équinoxes par la plus ou moins grande fluidité ou solidité de la terre, est arrivé à la conclusion que les conditions actuelles de la précession exigent la présence d'une croûte solide extrêmement épaisse. Il résume son opinion de la façon suivante : « On peut se risquer à dire que l'épaisseur minimum de la croûte terrestre, évaluée d'après les observations faites sur la somme du mouvement de précession, ne saurait être inférieure au quart ou au cinquième du rayon de la terre, » c'est-à-dire 1 287 à 1 609 kilomètres. Il importe de faire remarquer avec Lyell que cette évaluation n'est qu'un minimum, et qu'une épaisseur encore plus grande s'accorderait parfaitement avec les conditions dans lesquelles s'effectue actuellement la précession des équinoxes, « ces calculs n'étant pas contraires à l'hypothèse qui admet l'état de solidité générale du globe. » On doit dire même qu'ils lui sont aussi favorables que possible, car il serait difficile d'expliquer les éruptions volcaniques, si l'on admettait que la matière fondue doit traverser une couche solide ayant 1 200 à 1 600 kilomètres d'épaisseur avant d'arriver au dehors. La grande épaisseur de la croûte solide rendrait également bien difficiles les affaissements du sol que l'on constate encore aujourd'hui et que l'on considère comme la cause déterminante des soulèvements qui ont donné naissance aux montagnes. Tous ces phénomènes, au contraire, trouvent aisément leur explication dans l'hypothèse de cavités voisines de la surface du sol, émise par Buffon et adoptée par Lyell.

1. POISSON, *Théorie mécanique de la chaleur.*
2. Voyez LYELL, *Principes de géologie*, t. II, p. 260.

Nous pouvons donc conclure de cette longue étude que Buffon était, très probablement, dans le vrai, en admettant la solidité du globe terrestre jusque dans les parties les plus centrales et en expliquant les phénomènes volcaniques par des cavités relativement superficielles, remplies de substances fondues sous l'influence des actions chimiques et électriques auxquelles elles sont soumises.

Avait-il également raison en admettant que le centre de la terre jouit, malgré sa consolidation, d'une température très élevée?

La réponse à cette question est fort difficile à formuler. Nous avons dit plus haut que Poisson concluait à un refroidissement du centre de la terre antérieur à celui de la surface. L'opinion contraire est, il faut bien le dire, généralement admise. Elle paraîtra probable si l'on tient compte de la pression énorme à laquelle se trouvent soumises les substances contenues dans le centre de notre globe. Cette pression est tellement considérable que, d'après les calculs de Young, l'acier serait réduit, au centre de la terre, au quart de son volume et la pierre au huitième du sien. Si l'on considère que la pression développe de la chaleur, il est permis d'admettre que celle à laquelle sont soumises toutes les substances qui entrent dans la composition de la terre, et qui augmente avec la profondeur, doit être considérable. L'est-elle assez pour faire passer toutes ces substances à l'état liquide? Il est d'autant plus difficile de répondre à cette question qu'on imagine difficilement quel est l'état physique compatible avec une semblable pression. Nous n'imaginons guère quel serait l'état de l'acier après qu'il aurait atteint le quart de son volume ni celui de la pierre réduite au huitième du sien. On a calculé, en effet, que si l'eau continuait à diminuer de volume suivant le degré de compressibilité qu'on lui connaît, elle doublerait de densité à la profondeur de 149 666 mètres, et elle serait aussi dense que le mercure, c'est-à-dire treize fois autant qu'elle l'est à la surface de la terre, à 0°, lorsqu'elle serait descendue à une profondeur de 582 477 mètres seulement, à peine le 10e du rayon de la terre. Quel serait alors son état physique? Serait-elle solide, serait-elle liquide? Il me semble tout à fait impossible de répondre à une pareille question. La même impossibilité s'appliquant à chacun des corps que nous connaissons, la question de la solidité ou de la fluidité de la terre est insoluble; mais ces mêmes faits me semblent plaider en faveur d'une température très élevée, quel que soit d'ailleurs l'état des corps qui forment le centre de la terre.

Nous sommes amenés par tout ce qui précède à nous demander s'il faut croire à la possibilité d'un refroidissement de plus en plus grand de notre globe et au refroidissement concomitant du soleil.

Puisque l'objet spécial de ce travail est une étude des idées de Buffon, voyons d'abord comment il a résolu ce double problème.

Il est utile de faire remarquer, avant toutes choses, que Buffon attachait une influence beaucoup plus considérable à la chaleur propre de la terre qu'à celle du soleil sur les phénomènes dont la surface de la terre est le siège. J'ai à peine besoin d'ajouter qu'il commettait sur ce point une grave erreur. Il dit dans les *Epoques de la nature :* « La chaleur que le soleil envoie à la terre est assez petite en comparaison de la chaleur propre du globe terrestre; et cette chaleur envoyée par le soleil ne serait pas seule suffisante pour maintenir la nature vivante [1]. » Il est aujourd'hui absolument démontré que la chaleur propre du globe ne se fait, pour ainsi dire, pas sentir à la surface de la terre. La quantité de chaleur que la surface de notre globe reçoit du soleil est, au contraire, énorme. En une seule année, chaque mètre carré de la surface de la terre reçoit 2 318 257 calories (on nomme calorie la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° centigrade la température d'un kilogramme d'eau). « C'est plus de 23 millions de calories par hectare, c'est-à-dire 9852 200 000 000 de kilogrammètres (on nomme kilogrammètre la quantité de force nécessaire pour élever de 1 mètre un poids de 1 kilogramme). Ainsi, la radiation calorifique du soleil, en s'exerçant sur la superficie d'un de nos hectares, y développe sous mille formes diverses une puissance qui équivaut au travail continu de 4 163 chevaux-vapeur. Sur la terre entière, c'est un travail de 217 136 000 000 000 de chevaux-vapeur [2]. » Cette quantité presque inimaginable de chaleur est, en partie, utilisée au développement des animaux et des végétaux, à la transformation de l'eau liquide en vapeur, et au changement d'état physique d'une foule d'autres corps. Si l'homme savait l'accumuler et la transformer en travail utile, comme il le fait pour la chaleur relativement si faible produite à grands frais dans ses machines, il pourrait en quelques années transformer la face entière du globe. Que d'autres forces naturelles, mises à sa disposition par l'univers, laisse-t-il perdre, tandis qu'il use les siennes dans des luttes aussi vaines qu'odieuses et nuisibles non seulement aux individus qui y prennent part, mais encore à l'espèce humaine tout entière!

Un grand nombre de géologues pensent que la terre est condamnée à perdre graduellement sa chaleur propre par le rayonnement dans l'espace. Quoique la déperdition de chaleur que subit notre

1. *Epoques de la nature*, t. II, p. 3.
2. GUILLEMIN, *Le Ciel*, p. 180.



globe soit très faible, il n'est cependant pas possible de la nier, et l'on est obligé d'admettre la possibilité d'un complet refroidissement au bout d'un temps plus ou moins long. Buffon paraît être de cet avis, quoiqu'il ne s'en explique nulle part avec précision. Quelques savants modernes ont émis une opinion contraire. Ils pensent que les phénomènes chimiques et électriques dont il a été question plus haut et qui se produisent incessamment dans l'intérieur de notre globe sont de nature à régénérer une quantité de chaleur égale à celle que le rayonnement fait perdre à la terre. Lyell résume cette opinion de la façon suivante [1] : « L'existence de courants électriques dans l'écorce terrestre, et les changements de direction qu'ils peuvent subir, à la suite de grandes révolutions géologiques dans la position des chaînes de montagnes, et dans celle de la mer; la relation qui existe entre le magnétisme terrestre et le magnétisme solaire, les rapports de ce dernier agent avec l'électricité et l'action chimique peuvent nous aider à concevoir un cycle de changements de nature à rendre à la planète la chaleur qu'elle est supposée perdre par rayonnement dans l'espace. »

La chaleur propre de la terre n'ayant qu'une influence insignifiante sur les phénomènes dont la surface de notre globe est le siège, tandis que la chaleur du soleil exerce sur eux une action indispensable à leur production, on s'est beaucoup préoccupé de la question de savoir si le soleil est condamné à subir un refroidissement semblable à celui que l'on suppose avoir été subi par la terre.

Buffon attribuait la chaleur du soleil à la pression qu'exercent sur lui les nombreuses comètes qui circulent autour de sa masse. Depuis leur formation, les planètes ont ajouté leur pression à celle des comètes pour maintenir et même accroître la chaleur du soleil, de même que la pression exercée par les satellites développe une certaine quantité de chaleur dans les planètes dont ces satellites dépendent. Je lui laisse la parole :

« S'il en est, dit-il [2], des comètes comme des planètes, si les plus grosses sont les plus éloignées du soleil, si les plus petites sont les seules qui en approchent d'assez près pour que nous puissions les apercevoir, quel volume immense de matière! quelle charge énorme sur le corps de cet astre! quelle pression, c'est-à-dire quel frottement intérieur dans toutes les parties de sa masse, et par conséquent quelle chaleur et quel feu produits par ce frottement!

1. *Principes de géologie*, t. II, p. 311.
2. *Époques de la nature*, t. II, p. 29.

« Car, dans notre hypothèse, le soleil était une masse de matière en fusion, même avant la projection des planètes; par conséquent, ce feu n'avait alors pour cause que la pression de ce grand nombre de comètes qui circulaient précédemment et circulent encore aujourd'hui autour de ce foyer commun. Si la masse ancienne du soleil a été diminuée d'un six cent cinquantième par la projection de la matière des planètes lors de leur formation, la quantité totale de la cause de son feu, c'est-à-dire de la pression totale, a été augmentée dans la proportion de la pression entière des planètes, réunie à la première pression de toutes les comètes, à l'exception de celle qui a produit l'effet de la projection et dont la matière s'est mêlée à celle des planètes pour sortir du soleil, lequel par conséquent, après cette perte, n'en est devenu que plus brillant, plus actif et plus propre à éclairer, échauffer et féconder son univers.

« En poussant ces inductions encore plus loin, on se persuadera aisément que les satellites qui circulent autour de leur planète principale, et qui pèsent sur elle comme les planètes pèsent sur le soleil, que ces satellites, dis-je, doivent communiquer un certain degré de chaleur à la planète autour de laquelle ils circulent : la pression et le mouvement de la lune doivent donner à la terre un degré de chaleur qui serait plus grand si la vitesse du mouvement de circulation de la Lune était plus grande; Jupiter, qui a quatre satellites, et Saturne, qui en a cinq avec un grand anneau, doivent par cette seule raison être animés d'un certain degré de chaleur. Si ces planètes, très éloignées du soleil, n'étaient pas douées comme la terre d'une chaleur intérieure, elles seraient plus que gelées; et le froid extrême que Jupiter et Saturne auraient à supporter, à cause de leur éloignement du soleil, ne pourrait être tempéré que par l'action de leurs satellites. Plus les corps circulants seront nombreux, grands et rapides, plus le corps qui leur sert d'essieu ou de pivot s'échauffera par le frottement intime qu'ils feront subir à toutes les parties de sa masse. »

Il est facile de déduire de ce que dit Buffon, relativement à la cause productrice de la chaleur solaire, que cette dernière ne saurait s'affaiblir et encore moins disparaître tant que les comètes et les planètes circuleront autour de l'astre lumineux.

Il n'est guère possible de méconnaître que la pression exercée par les planètes et les comètes sur le soleil soit de nature à développer une certaine quantité de chaleur, mais il faudrait en déterminer la valeur, ce qui n'a jamais été fait. Certains physiciens ont supposé que la chaleur du soleil était produite par le frottement de son énorme

masse contre l'éther; mais sans nier que le frottement soit, en effet, de nature à développer une quantité considérable de chaleur, on a calculé que cette quantité ne pourrait suffire à la radiation pendant plus de deux siècles. Thomson avait d'abord attribué l'entretien de la chaleur solaire à la chute incessante dans le globe incandescent de météorites innombrables, mais il y a ensuite renoncé, en présence de faits contradictoires, pour se rallier à l'opinion d'Helmholtz. Celui-ci attribue la chaleur du soleil à la conversion en calorique du mouvement dont étaient animées les molécules de la nébuleuse solaire primitive. Nous savons déjà que, d'après l'hypothèse de Laplace, le monde solaire constituait au début une immense nébuleuse, dont les molécules se sont rapprochées et condensées pour former, au centre, le globe solaire. En tombant vers le centre, les molécules ont obéi à la force de gravitation dont elles étaient douées; celle-ci, après leur rapprochement, s'est transformée en chaleur. Mais il est bien évident que, si c'est là l'origine de la chaleur solaire, cette dernière doit finir par s'épuiser, puisque sa source n'a été que momentanée. D'après Helmholtz, le soleil serait à l'état de globe rayonnant du calorique depuis environ 500 millions d'années, et il aurait déjà rayonné les 453/454 de sa provision de calorique. Faye admet également que le soleil se contracte chaque jour davantage, et que cette contraction produit de nouvelles quantités de calorique destinées à subvenir au rayonnement. « Ses matériaux, dit-il, se rapprochent du centre, et cette chute continuelle, si faible qu'elle paraisse, donne lieu à une nouvelle transformation de travail en calories très considérable et peut-être même capable de subvenir en grande partie à la dépense actuelle. » Il est bien évident néanmoins que la contraction devra s'arrêter à un moment déterminé, et qu'à partir de ce moment le soleil perdra de la chaleur sans en retrouver autrement que par son frottement contre l'éther et par la pression que les autres astres du monde solaire exercent sur lui, c'est-à-dire, très probablement, en quantité beaucoup inférieure à celle qu'il perd. Quelques savants émettent encore des doutes sur la réalité du refroidissement du soleil; Lyell fait remarquer que « quand on considère les découvertes récemment faites de conversion d'un genre de force en un autre, et les rapports intimes qui existent entre la chaleur, le magnétisme, l'électricité et l'affinité chimique, il est bien permis d'hésiter avant d'accepter cette théorie d'une diminution constante qu'éprouverait de siècle en siècle une source considérable de puissance vitale et dynamique. » Mais on peut répondre à ses justes observations que l'équilibre de l'univers ne serait nullement rompu par le refroidissement même absolu du soleil.

Sa chaleur perdue se transforme chaque jour en électricité, en magnétisme, en mouvements vitaux, en une foule d'autres formes du mouvement qui elles-mêmes se transforment à leur tour sans qu'une seule parcelle en soit perdue, mais sans qu'il soit nécessaire qu'elles retournent au soleil, qui n'en est que la source seconde, car lui-même n'a pas été toujours ce qu'il est; j'ajoute que, pour se conformer à la loi immuable de la transformation incessante de la matière, il ne peut pas rester indéfiniment ce qu'il est. Il est donc permis de croire que le soleil ira sans cesse se contractant et se refroidissant davantage, déterminant la transformation et enfin la disparition des êtres vivants qui peuplent la terre, et n'étant plus bientôt qu'une planète solidifiée entraînée avec ses satellites dans quelque orbite immense, autour d'un soleil plus volumineux, lui-même condamné à un sort identique.

Nous n'avons étudié jusqu'à ce moment que la première phase de l'évolution de la terre, celle de l'incandescence et de la fluidité, en recherchant jusqu'à quel point notre globe a conservé les traces de ces deux caractères. Nous devons maintenant retracer les phases diverses par lesquelles il a passé depuis la période de l'incandescence jusqu'à nos jours.

C'est ce problème que Buffon s'était efforcé de résoudre dans l'*Histoire et théorie de la terre*, puis dans les *Époques de la nature*. J'exposerai d'abord ses idées, puis je montrerai le sort que leur a fait subir la science moderne, sort beaucoup plus glorieux qu'on ne le pense généralement.

Pour bien préciser la nature des questions qu'il s'agit de résoudre, il est utile de jeter, avec Buffon, un coup d'œil d'ensemble sur l'organisation de la terre. L'esquisse qu'il trace de la structure de notre globe est assez belle pour trouver place ici.

« Ce globe immense, écrit le savant naturaliste [1], nous offre à la surface des hauteurs, des profondeurs, des plaines, des mers, des marais, des fleuves, des cavernes, des gouffres, des volcans, et à la première inspection nous ne découvrons en tout cela aucune régularité, aucun ordre. Si nous pénétrons dans son intérieur, nous y trouvons des métaux, des minéraux, des pierres, des bitumes, des sables, des terres, des eaux et des matières de toute espèce, placées comme au hasard et sans aucune règle apparente; en examinant avec plus d'attention, nous voyons des montagnes affaissées, des rochers fendus et brisés, des contrées englouties, des îles nouvelles, des terrains

1. *Histoire et théorie de la terre*, t. Ier, p. 35.

submergés, des cavernes comblées; nous trouvons des matières pesantes souvent posées sur des matières légères, des corps durs environnés de substances molles, des choses sèches, humides, chaudes, froides, solides, friables, toutes mêlées et dans une espèce de confusion qui ne nous présente d'autre image que celle d'un amas de débris et d'un monde en ruines. »

Cependant ce désordre apparent cache un ordre profond; sur ce globe qui semble formé de ruines entassées et qui porte, en effet, les traces visibles des transformations qu'il a subies, « les générations d'hommes, d'animaux, de plantes se succèdent sans interruption, la terre fournit abondamment à leur subsistance; la mer a des limites et des lois, ses mouvements y sont assujettis, l'air a ses courants réglés, les saisons ont leurs retours périodiques et certains, la verdure n'a jamais manqué de succéder aux frimas : tout nous paraît être dans l'ordre.

« Nous ne connaissons d'ailleurs qu'une portion très faible de la masse énorme de notre globe; il faut donc nous borner à examiner et à décrire la surface de la terre, et la petite épaisseur intérieure dans laquelle nous avons pénétré. La première chose qui se présente, c'est l'immense quantité d'eau qui couvre la plus grande partie du globe; ces eaux occupent toujours les parties les plus basses, elles sont aussi toujours de niveau, et elles tendent perpétuellement à l'équilibre et au repos; cependant nous les voyons agitées par une forte puissance qui, s'opposant à la tranquillité de cet élément, lui imprime un mouvement périodique et réglé, soulève et abaisse alternativement les flots, et fait un balancement de la masse totale des mers en les remuant jusqu'à la plus grande profondeur. Nous savons que ce mouvement est de tous les temps, et qu'il durera autant que la lune et le soleil, qui en sont les causes.

« Considérant ensuite le fond de la mer, nous y remarquons autant d'inégalités que sur la surface de la terre; nous y trouvons des hauteurs, des vallées, des plaines, des profondeurs, des rochers, des terrains de toute espèce; nous voyons que toutes les îles ne sont que les sommets de vastes montagnes dont le pied et les racines sont couverts de l'élément liquide; nous y trouvons d'autres sommets de montagnes qui sont presque à fleur d'eau, nous y remarquons des courants rapides qui semblent se soustraire au mouvement général : on les voit se porter quelquefois constamment dans la même direction, quelquefois rétrograder et ne jamais excéder leurs limites, qui paraissent aussi invariables que celles qui bornent les efforts des fleuves de la terre. Là sont ces contrées orageuses où les vents en fureur préci-

pitent la tempête, où la mer et le ciel également agités se choquent et se confondent; ici, des mouvements intestins, des bouillonnements, des trombes et des agitations extraordinaires causées par des volcans dont la bouche submergée vomit le feu du sein des ondes et pousse jusqu'aux nues une épaisse vapeur mêlée d'eau, de souffre et de bitume. Plus loin, je vois ces gouffres dont on n'ose approcher, qui semblent attirer les vaisseaux pour les engloutir; au delà, j'aperçois ces vastes plaines toujours calmes et tranquilles, mais tout aussi dangereuses, où les vents n'ont jamais exercé leur empire, où l'art du nautonier devient inutile, où il faut rester ou périr; enfin, portant les yeux jusqu'aux extrémités du globe, je vois ces glaces énormes qui se détachent des continents des pôles et viennent comme des montagnes flottantes voyager et se fondre jusque dans les régions tempérées.

« Voilà les principaux objets que nous offre le vaste empire de la mer; des milliers d'habitants de différentes espèces en peuplent toute l'étendue; les uns, couverts d'écailles légères, en traversent avec rapidité les divers pays; d'autres, chargés d'une épaisse coquille, se traînent pesamment et marquent avec lenteur leur route sur le sable; d'autres, à qui la nature a donné des nageoires en forme d'ailes, s'en servent pour s'élever et se soutenir dans les airs; d'autres enfin, à qui tout mouvement a été refusé, croissent et vivent attachés aux rochers; tous trouvent dans cet élément leur pâture; le fond de la mer produit abondamment des plantes, des mousses et des végétations encore plus singulières; le terrain de la mer est de sable, de gravier, souvent de vase, quelquefois de terre ferme, de coquillages, de rochers, et partout il ressemble à la terre que nous habitons.

« Voyageons maintenant sur la partie sèche du globe; quelle différence prodigieuse entre les climats! quelle variété de terrains! quelle inégalité de niveau! mais observons exactement, et nous reconnaîtrons que les grandes chaînes de montagnes se trouvent plus voisines de l'équateur que des pôles; que dans l'ancien continent elles s'étendent d'orient en occident beaucoup plus que du nord au sud, et que dans le nouveau monde elles s'étendent au contraire du nord au sud beaucoup plus que d'orient en occident; mais, ce qu'il y a de très remarquable, c'est que la forme de cès montagnes et leurs contours, qui paraissent absolument irréguliers, ont cependant des directions suivies et correspondantes entre elles, en sorte que les angles saillants d'une montagne se trouvent toujours opposés aux angles rentrants de la montagne vaisine, qui en est séparée par un vallon ou par une profondeur. J'observe aussi que les collines opposées ont tou-

jours à très peu près la même hauteur, et qu'en général les montagnes occupent le milieu des continents et partagent dans la plus grande longueur les îles, les promontoires et les autres terres avancées; je suis de même la direction des plus grands fleuves, et je vois qu'elle est toujours presque perpendiculaire à la côte de la mer dans laquelle ils ont leur embouchure, et que dans la plus grande partie de leur cours ils vont à peu près comme les chaînes de montagnes dont ils prennent leur source et leur direction. Examinant ensuite les rivages de la mer, je trouve qu'elle est ordinairement bornée par des rochers, des marbres et d'autres pierres dures, ou bien par des terres et des sables qu'elle a elle-même accumulés ou que les fleuves ont amenés, et je remarque que les côtes voisines, et qui ne sont séparées que par un bras ou par un petit trajet de mer, sont composées des mêmes matières, et que les lits de terre sont les mêmes de l'un et l'autre côté; je vois que les volcans se trouvent dans les hautes montagnes, qu'il y en a un grand nombre dont les feux sont entièrement éteints, que quelques-uns de ces volcans ont des correspondances souterraines, et que leurs expulsions se font quelquefois en même temps. J'aperçois une correspondance semblable entre certains lacs et les mers voisines; ici sont des fleuves et des torrents qui se perdent tout à coup et paraissent se précipiter dans les entrailles de la terre; là est une mer intérieure où se rendent cent rivières qui y portent de toutes parts une énorme quantité d'eau sans jamais augmenter ce lac immense, qui semble rendre par des voies souterraines tout ce qu'il reçoit par ses bords; et chemin faisant je reconnais aisément les pays anciennement habités, je les distingue de ces contrées nouvelles où le terrain paraît encore tout brut, où les fleuves sont remplis de cataractes, où les terres sont en partie submergées, marécageuses ou trop arides, où la distribution des eaux est irrégulière, où des bois incultes couvrent toute la surface des terrains qui peuvent produire.

« Entrant dans un plus grand détail, je vois que la première couche qui enveloppe le globe est partout d'une même substance; que cette substance, qui sert à faire croître et à nourrir les végétaux et les animaux, n'est elle-même qu'un composé de parties animales et végétales détruites, ou plutôt réduites en petites parties dans lesquelles l'ancienne organisation n'est pas sensible. Pénétrant plus avant, je trouve la vraie terre, je vois des couches de sable, de pierres à chaux, d'argile, de coquillages, de marbres, de gravier, de craie, de plâtre, etc., et je remarque que ces couches sont toujours posées parallèlement les unes sur les autres, et que chaque couche à la même épaisseur dans toute son étendue; je vois que dans les collines voi-

sines les mêmes matières se trouvent au même niveau, quoique les collines soient séparées par des intervalles profonds et considérables. J'observe que dans tous les lits de terre, et même dans les couches plus solides, comme dans les rochers, dans les carrières de marbres et de pierres, il y a des fentes, que ces fentes sont perpendiculaires à l'horizon, et que, dans les plus grandes comme dans les plus petites profondeurs, c'est une espèce de règle que la nature suit constamment. Je vois de plus que dans l'intérieur de la terre, sur la cime des monts et dans les lieux les plus éloignés de la mer, on trouve des coquilles, des squelettes de poissons de mer, des plantes marines, etc., qui sont entièrement semblables aux coquilles, aux poissons, aux plantes actuellement vivantes dans la mer, et qui en effet sont absolument les mêmes. Je remarque que ces coquilles pétrifiées sont en prodigieuse quantité, qu'on en trouve dans une infinité d'endroits, qu'elles sont renfermées dans l'intérieur des rochers et des autres masses de marbre et de pierre dure, aussi bien que dans les craies et dans les terres; et que non seulement elles sont renfermées dans toutes ces matières, mais qu'elles y sont incorporées, pétrifiées et remplies de la substance même qui les environne; enfin, je me trouve convaincu par des observations réitérées que les marbres, les pierres, les craies, les marnes, les argiles, les sables et presque toutes les matières terrestres sont remplis de coquilles et d'autres débris de la mer, et cela par toute la terre et dans tous les lieux où l'on a pu faire des observations exactes. »

Dans cette esquisse aussi remarquable par l'ampleur du trait que par la richesse du coloris, l'illustre naturaliste ne s'est pas seulement attaché à réunir les beautés de la forme, il a aussi entassé tous les faits sur lesquels il se propose d'étayer son histoire de l'évolution de la terre.

L'ayant terminée [1], tout cela posé, raisonnons, dit-il, et il reprend, l'un après l'autre, tous les faits qu'il a exposés pour en déduire les causes et l'enchaînement historique.

Dans ses *Epoques de la nature*, il commence aussi par citer un certain nombre de faits dont il s'efforce ensuite de déduire les conséquences. Comme ces deux ouvrages se complètent l'un l'autre, nous devons rapporter ici les faits qui servent de base aux idées exposées dans le second [2] : « 1° La terre est élevée sur l'équateur et abaissée sous les pôles, dans la proportion qu'exigent les lois de la pesanteur et de la force centrifuge; 2° le globe terrestre a une chaleur

1. *Ibid.*, t. Ier, p. 40.
2. *Epoques de la nature*, t. II, p. 3.



intérieure qui lui est propre et qui est indépendante de celle que les rayons du soleil peuvent lui communiquer; 3° la chaleur que le soleil envoie à la terre est assez petite, en comparaison de la chaleur propre du globe terrestre; et cette chaleur envoyée par le soleil ne serait pas seule suffisante pour maintenir la nature vivante [1]; 4° les matières qui composent le globe de la terre sont en général de la nature du verre et peuvent être toutes réduites en verre; 5° on trouve sur toute la surface de la terre, et même sur les montagnes, jusqu'à 1 500 et 2 000 toises de hauteur, une immense quantité de coquilles et d'autres débris des productions de la mer. »

Parmi les faits qui servent de base à l'histoire de la terre par Buffon, je dois encore citer ce qu'il appelle d'un mot plus juste les « monuments » de cette histoire. Les voici [2] : « 1° On trouve à la surface et à l'intérieur de la terre des coquilles et autres productions de la mer; et toutes les matières qu'on appelle *calcaires* sont composées de leurs détriments. 2° En examinant ces coquilles et autres productions marines que l'on tire de la terre, en France, en Angleterre, en Allemagne et dans le reste de l'Europe, on reconnaît qu'une grande partie des espèces d'animaux auxquels ces dépouilles ont appartenu ne se trouvent pas dans les mers adjacentes, et que ces espèces, ou ne subsistent plus, ou ne se trouvent que dans les mers méridionales. De même, on voit dans les ardoises et dans d'autres matières, à de grandes profondeurs, des impressions de poissons et de plantes, dont aucune espèce n'appartient à notre climat, et lesquelles n'existent plus, ou ne se trouvent subsistantes que dans les climats méridionaux. 3° On trouve, en Sibérie et dans les autres contrées septentrionales de l'Europe et de l'Asie, des squelettes, des défenses, des ossements d'éléphants, d'hippopotames et de rhinocéros, en assez grande quantité pour être assuré que les espèces de ces animaux, qui ne peuvent se propager aujourd'hui que dans les terres du Midi, existaient et se propageaient autrefois dans les terres du Nord, et l'on a observé que ces dépouilles d'éléphants et d'autres animaux terrestres se présentent à une assez petite profondeur, au lieu que les coquilles et les autres débris des productions de la mer se trouvent enfouies à de plus grandes profondeurs dans l'intérieur de la terre. 4° On trouve des défenses et des ossements d'éléphants, ainsi que des dents d'hippopotames, non seulement dans les terres du nord de notre continent,

1. J'ai déjà insisté plus haut sur l'erreur commise par Buffon en ce qui concerne l'importance relative de la chaleur solaire et de la chaleur propre du globe, par rapport aux phénomènes qui se produisent à la surface du globe (voyez p. 496).

2. *Epoques de la nature*, t. II, p. 10.

mais aussi dans celles du nord de l'Amérique, quoique les espèces de l'éléphant et de l'hippopotame n'existent point dans ce continent du nouveau monde. 5° On trouve dans le milieu des continents, dans les lieux les plus éloignés des mers, un nombre infini de coquilles, dont la plupart appartiennent aux animaux de ce genre actuellement existants dans les mers méridionales et dont plusieurs autres n'ont aucun analogue vivant, en sorte que les espèces en paraissent perdues et détruites par des causes jusqu'à présent inconnues. »

A l'exemple et à la suite de Buffon, examinons ces faits et ces monuments, contrôlons leur exactitude et recherchons l'usage qu'on en peut faire dans la rédaction de l'histoire de la terre.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler de quelques-uns de ces faits. Nous n'y reviendrons pas. Ce serait nous livrer à des répétitions inutiles que de reparler ici de la forme sphéroïdale de la terre, de sa chaleur propre et de celle qu'elle reçoit du soleil. Nous laissons donc ces questions de côté.

Parmi les autres faits, le plus important, celui dont nous devons nous occuper en premier lieu, est la présence des coquilles et autres débris d'animaux marins « dans l'intérieur de la terre, sur la cime des monts et dans les lieux les plus éloignés de la mer, » jusque « dans l'intérieur des roches et des autres masses de marbre et de pierre dure, aussi bien dans les craies que dans les terres, » et cette circonstance que les coquilles, les squelettes, etc., fossiles, « non seulement sont renfermés dans toutes ces matières, mais qu'ils y sont incorporés, pétrifiés et remplis de la substance même qui les environne. »

Buffon n'est pas le premier qui ait été frappé de la présence des débris d'animaux marins dans des lieux fort éloignés de la mer et même sur les plus hautes montagnes. D'autres avaient déjà observé ce fait et s'étaient préoccupés d'en chercher l'explication. C'est lui probablement qui avait servi de base à la légende des déluges partiels admis par les Grecs et les Romains et à celle du déluge universel décrit dans les livres sacrés du peuple juif. C'est aussi par le déluge que la plupart des savants l'expliquaient à l'époque de Buffon.

Cependant, à la fin du XVIe siècle, Bernard Palissy avait été conduit par une longue série d'observations à formuler la cause véritable de la présence des fossiles marins dans des points très éloignés de la mer. S'appuyant sur ce que les coquilles et autres débris d'organismes marins se trouvent parfois à des profondeurs considérables et dans des roches dont la formation a dû être très lente, il émit l'opinion que la mer avait autrefois recouvert les terres dans lesquelles se trouvent ces fossiles, et qu'elle avait dû y séjourner pendant une durée

bien supérieure à celle qu'on attribue au déluge. Il avait recueilli un véritable musée de fossiles de toutes sortes, récoltés particulièrement dans son pays, la Saintonge, et dans les montagnes des Ardennes. Il montrait ce musée, il fournissait aux visiteurs des explications sur l'origine des différentes pièces et représentait ces dernières comme des preuves à l'appui de sa doctrine. « Il lui tomba entre les mains, dit un de ses panégyristes du XVIII[e] siècle [1], un livre de Cardan qu'on avait traduit en français, et qui attribuait au déluge les coquillages fossiles. Il rejeta hautement ce système, fondé sur un raisonnement bien simple : c'est que ce qu'on nous dit du déluge donne l'idée d'un événement subit et, pour ainsi dire, momentané, au lieu que ce qu'on remarque dans la terre est l'ouvrage d'un grand nombre de siècles. » Mais les idées de Palissy n'eurent aucun succès; on persévéra dans les errements du passé, et à l'époque de Buffon presque tous les systèmes scientifiques relatifs à l'histoire de la terre attribuaient la distribution générale des fossiles au déluge. Quand on objectait la profondeur à laquelle un grand nombre se trouvent dans les entrailles de notre globe, les partisans de la doctrine diluvienne répondaient qu'ils avaient été transportés en ces points par des canaux souterrains aujourd'hui comblés, mais qui, autrefois, faisaient communiquer diverses parties de la terre ferme avec la mer. Si on leur parlait des fossiles qui se trouvent au sommet des montagnes, où nul canal souterrain n'avait pu les conduire, les mêmes gens répondaient que des semences d'animaux marins avaient filtré avec les eaux à travers les terres jusqu'aux plus grandes hauteurs, où elles avaient été fécondées par les neiges. Quant aux esprits plus éclairés, qui auraient été tentés d'adopter les idées de Palissy ou qui même en étaient les partisans, ils cachaient leurs pensées au fond de leur conscience. « Quoique sûrs de leurs principes, dit Malesherbes, ils craignaient l'abus qu'on en pourrait faire; » ils redoutaient « de s'annoncer pour les défenseurs d'un système qui aurait pu rendre leur religion suspecte [2] ». Ce qui advint à Buffon après la publication de sa *Théorie de la terre,* la censure énergique dont il fut l'objet de la part de la Sorbonne, la soumission à laquelle il dut se résigner afin d'éviter l'interdiction de son œuvre, témoignent du peu de sécurité qu'il y avait au XVII[e] et même au XVIII[e] siècle pour les savants qui, à l'exemple de Bernard Palissy, osaient chercher ailleurs que dans le déluge biblique la cause de la présence des fossiles marins dans les lieux les plus éloignés de la

1. *Observations de Lamoignon Malesherbes sur l'Histoire naturelle générale et particulière de Buffon et Daubenton,* t. I[er], p. 135.
2. *Loc. cit.*, t. I[er], p. 260.

mer et les plus élevés au-dessus de son niveau actuel. Avant Buffon cependant, ou plutôt à peu près en même temps que lui, un voyageur français, Dumaillet, s'était prononcé en faveur de la doctrine de Palissy, dans un ouvrage qui resta longtemps manuscrit et qui finit par être imprimé, après avoir subi de regrettables modifications, soustractions et additions, sous le titre de *Telliamed* (anagramme de Dumaillet) [1]. La terre y était représentée comme ayant été entièrement recouverte par les eaux de la mer pendant une très longue période de temps, et tous les animaux terrestres, sans en excepter l'homme, y étaient considérés comme des organismes aquatiques graduellement transformés par le changement du milieu.

Si Buffon n'est pas le premier [2] qui ait compris l'importance des fossiles, en tant que monuments de l'histoire de la terre, s'il n'est pas le premier qui ait donné de leur présence une explication scientifique, c'est du moins à lui qu'appartient l'honneur d'avoir rassemblé tous les faits découverts aux époques antérieures, et d'en avoir tiré les éléments d'une histoire de la terre assez exacte pour que ses successeurs n'aient eu qu'à la compléter, en en rectifiant quelques traits.

Comme on avait trouvé des fossiles marins dans une foule de points très éloignés les uns des autres, sous toutes les latitudes et longitudes, et à toutes les altitudes et profondeurs, il se crut autorisé à affirmer qu'ils existent réellement partout et dans tous les terrains, et, point capital de sa théorie, jusque sur le sommet des plus hautes montagnes. « Il paraît certain, dit-il dans son *Histoire et théorie de la*

1. Le titre exact est *Telliamed, ou entretiens d'un philosophe indien avec un missionnaire français, mis en ordre sur les mémoires de feu M. Dumaillet* par J.-A. G***.

2. Buffon n'ignore ni ne tait le rôle joué par Palissy dans l'histoire des fossiles. Il cite (t. Ier, p. 119) le passage suivant de l'*Histoire de l'Académie* de Fontenelle, dans lequel se trouve dignement consignée la découverte de Bernard Palissy et où pleine justice est rendue au mérite du savant aussi grand que modeste. Voici ce passage : « Un potier de terre, qui ne savait ni latin ni grec, fut le premier, vers la fin du XVIe siècle, qui osa dire, dans Paris et à la face de tous les docteurs, que les coquilles fossiles étaient de véritables coquilles déposées autrefois par la mer dans les lieux où elles se trouvaient alors; que des animaux, et surtout des poissons, avaient donné aux pierres figurées toutes leurs différentes figures, etc., et il défia hardiment toute l'école d'Aristote d'attaquer ses preuves : c'est Bernard Palissy, Saintongeois, aussi grand physicien que la nature seule en puisse former un; cependant son système a dormi près de cent ans, et le nom même de l'auteur est presque mort. Enfin, les idées de Palissy se sont réveillées dans l'esprit de plusieurs savants, elles ont fait la fortune qu'elles méritaient, on a profité de toutes les coquilles, de toutes les pierres figurées que la terre a fournies; peut-être seulement sont-elles devenues aujourd'hui trop communes, et les conséquences qu'on en tire sont en danger d'être bientôt trop incontestables. »

La pointe de regrets introduite par Fontenelle dans cet éloge de Bernard Palissy n'échappera pas au lecteur.

Buffon fait encore remarquer que l'opinion de Bernard Palissy avait déjà été émise par les anciens. « Je ne puis, dit-il, m'empêcher d'observer que le sentiment de Palissy avait été celui des anciens, notamment d'Hérodote, de Platon, de Sénèque, de Plutarque, d'Ovide, etc. »

terre[1], que la terre, actuellement sèche et habitée, a été autrefois sous les eaux de la mer, et que ces eaux étaient supérieures aux sommets des plus hautes montagnes, puisqu'on trouve sur ces montagnes et jusque sur leurs sommets des productions marines et des coquilles qui, comparées avec les coquillages vivants, sont les mêmes, et qu'on ne peut douter de leur parfaite ressemblance, ni de l'identité de leurs espèces. » Plus tard, il est vrai, son opinion se modifia quelque peu. Il admit qu'au-dessus d'une certaine hauteur les montagnes pouvaient être dépourvues de fossiles, mais il n'en persista pas moins à penser que l'eau avait autrefois recouvert tous les sommets. Il écrit sur ce sujet, dans ses *Notes justificatives des Epoques de la nature*[2] : « J'ai avancé, d'après l'autorité de Woodward, qui le premier a recueilli ces observations, qu'on trouvait des coquilles jusque sur les sommets des plus hautes montagnes, d'autant que j'étais assuré par moi-même, et par d'autres observations assez récentes, qu'il y en a dans les Pyrénées et les Alpes à 900, 1 000, 1 200 et 1 500 toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer, qu'il s'en trouve de même dans les montagnes de l'Asie, et qu'enfin dans les Cordillères, en Amérique, on en a nouvellement découvert un banc à plus de 2 000 toises au-dessus du niveau de la mer.

« On ne peut donc pas douter que, dans toutes les différentes parties du monde, et jusqu'à la hauteur de 1 500 ou 2 000 toises au-dessus du niveau des mers actuelles, la surface du globe n'ait été couverte des eaux, et pendant un temps assez long pour y produire ces coquillages et les laisser multiplier, car leur quantité est si considérable que leurs débris forment des bancs de plusieurs lieues d'étendue, souvent de plusieurs toises d'épaisseur sur une largeur indéfinie; en sorte qu'ils composent une partie assez considérable des couches extérieures de la surface du globe, c'est-à-dire toute la matière calcaire qui, comme l'on sait, est très commune et très abondante en plusieurs contrées. Mais au-dessus des plus hauts points d'élévation, c'est-à-dire au-dessus de 1 500 ou 2 000 toises de hauteur, et souvent plus bas, on a remarqué que les sommets de plusieurs montagnes sont composés de roc vif, de granit et d'autres matières vitrescibles produites par le feu primitif, lesquelles ne contiennent en effet ni coquilles, ni madrépores, ni rien qui ait rapport aux matières calcaires. On peut donc en inférer que la mer n'a pas atteint, ou du moins n'a surmonté que pendant un petit temps, ces parties les plus élevées, et ces pointes les plus avancées de la surface de la terre. »

1. T. Ier, p. 40.
2. T. II, p. 156.

Parlant un peu plus bas des Cordillères, dans lesquelles certains auteurs avaient nié l'existence des coquilles fossiles, il cite le témoignage de don Ulloa, qui avait signalé des coquilles sur ces montagnes. Il émet l'opinion que, s'il existe quelques montagnes sur lesquelles ces débris d'animaux marins font réellement défaut, il faut l'attribuer, ou bien à ce que les eaux n'y ont séjourné que pendant trop peu de temps pour que les animaux s'y soient habitués, ou bien à ce que les volcans ont détruit les coquilles qu'elles pouvaient contenir. « Si, dit-il[1], les premiers observateurs ont cru qu'on ne trouvait point de coquilles sur les montagnes des Cordillères, c'est que ces montagnes, les plus élevées de la terre, sont pour la plupart des volcans actuellement agissants ou des volcans éteints, lesquels, par leurs éruptions, ont recouvert de matières brûlées toutes les terres adjacentes : ce qui a non seulement enfoui, mais détruit toutes les coquilles qui pouvaient s'y trouver. Il ne serait donc pas étonnant qu'on ne rencontrât point de productions marines autour de ces montagnes, qui sont aujourd'hui ou qui ont été autrefois embrasées, car le terrain qui les enveloppe ne doit être qu'un composé de cendres, de scories, de verre, de lave et d'autres matières brûlées ou vitrifiées : ainsi, il n'y a d'autre fondement à l'opinion de ceux qui prétendent que la mer n'a pas couvert les montagnes, si ce n'est qu'il y a plusieurs de leurs sommets où l'on ne voit aucune coquille ni autres productions marines. Mais, comme on trouve en une infinité d'endroits, et jusqu'à 1 500 et 2 000 toises de hauteur, des coquilles et d'autres productions de la mer, il est évident qu'il y a eu peu de pointes ou crêtes de montagnes qui n'aient été surmontées par les eaux, et que les endroits où l'on ne trouve point de coquilles indiquent seulement que les animaux qui les ont produites ne s'y sont pas habitués, et que les mouvements de la mer n'y ont point amené les débris de ses productions, comme elle en a amené sur tout le reste de la surface du globe. »

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, Buffon n'ignorait pas que plus d'une interprétation de la dispersion des coquilles marines sur les continents avait déjà été formulée. A ceux qui attribuaient ce fait à un simple hasard, il dit[2] : « Il ne faut pas croire, comme se l'imaginent tous les gens qui veulent raisonner sur cela sans avoir rien vu, qu'on ne trouve ces coquilles que par hasard, qu'elles sont dispersées çà et là, ou tout au plus par petits tas, comme des coquilles d'huîtres jetées à la porte; c'est par montagnes qu'on les trouve, c'est par bancs de

1. *Ibid.*, t. II, p. 157.
2. T. Ier, p. 119.

100 et de 200 lieues de longueur; c'est par collines et par provinces qu'il faut les toiser, souvent dans une épaisseur de 50 ou 60 pieds, et c'est d'après cela qu'il faut raisonner. »

Il cite toutes les roches, tous les terrains, toutes les localités dans lesquels on a découvert en immenses quantités les débris des habitants des anciennes mers. Il raille doucement Voltaire, qui, dans un opuscule anonyme, paru à la suite de la publication de l'*Histoire de la terre*, avait attribué la présence de coquilles marines sur le sommet des montagnes au passage de pèlerins revenant de Syrie [1]. Quant à ceux qui mettaient sur le compte du déluge biblique la dispersion des coquilles marines sur nos continents, il leur répond [2] : « Cependant cette supposition que c'est le déluge universel qui a transporté les coquilles de la mer dans tous les climats de la terre est devenue l'opinion ou plutôt la superstition de la plupart des naturalistes. Woodward, Scheuchzer et quelques autres appellent ces coquilles pétrifiées les restes du déluge; ils les regardent comme les médailles et les monuments que Dieu nous a laissés de ce terrible événement,

1. Je ne puis me soustraire au désir de rappeler ici le passage relatif à Voltaire. Après avoi cité beaucoup de localités dans lesquelles se trouvent des coquilles fossiles en grand nombre, il ajoute : « En voilà assez pour prouver qu'en effet on trouve des coquilles de mer, des poissons pétrifiés et d'autres productions marines presque dans tous les lieux où l'on a voulu les chercher, et qu'elles y sont en prodigieuse quantité. « Il est vrai, dit un auteur anglais (*T an« cred Robinson*), qu'il y a eu quelques coquilles de mer dispersées çà et là sur la terre par « les armées, par les habitants des villes et villages, et que La Loubère rapporte, dans son « voyage de Siam, que les singes, au cap de Bonne-Espérance, s'amusent continuellement à « transporter des coquilles du rivage de la mer au-dessus des montagnes, mais cela ne peut pas « résoudre la question pourquoi ces coquilles sont dispersées dans tous les climats de la terre « et jusque dans l'intérieur des hautes montagnes, où elles sont posées par lits, comme elles le « sont dans le fond de la mer. »

« En lisant une lettre italienne sur les changements arrivés au globe terrestre, imprimée Paris cette année (1746), je m'attendais à y trouver ce fait rapporté par La Loubère ; il s'accorde parfaitement avec les idées de l'auteur : les poissons pétrifiés ne sont, à son avis, que des poissons rejetés de la table des Romains, parce qu'ils n'étaient pas frais; et, à l'égard des coquilles, ce sont, dit-il, les pèlerins de Syrie qui ont rapporté dans le temps des croisades celles des mers du Levant qu'on trouve actuellement pétrifiées en France, en Italie et dans les autres États de la chrétienté; pourquoi n'a-t-il pas ajouté que ce sont les singes qui ont transporté es coquilles au sommet des hautes montagnes et dans tous les lieux où les hommes ne peuvent habiter? Cela n'eût rien gâté et eût rendu son explication encore plus vraisemblable? Comment se peut-il que des personnes éclairées, et qui se piquent même de philosophie, aient encore des idées aussi fausses sur ce sujet? Nous ne nous contenterons donc pas d'avoir dit qu'on trouve des coquilles pétrifiées dans presque tous les endroits de la terre où l'on a fouillé, et d'avoir rapporté les témoignages des auteurs d'histoire naturelle : comme on pourrait les soupçonner d'apercevoir, en vue de quelques systèmes, des coquilles où il n'y en a point, nous croyons devoir encore citer les voyageurs qui en ont remarqué par hasard, et dont les yeux moins exercés n'ont pu reconnaître que les coquilles entières et bien conservées; leur témoignage sera peut-être d'une plus grande autorité auprès des gens qui ne sont pas à portée de s'assurer par eux-mêmes de la vérité des faits, et de ceux qui ne connaissent ni les coquilles ni les pétrifications et qui, n'étant pas en état d'en faire la comparaison, pourraient douter que les pétrifications fussent en effet de vraies coquilles et que ces coquilles se trouvassent entassées par millions dans tous les climats de la terre. »

2. T. Ier, p. 132.

afin qu'il ne s'effaçât jamais de la mémoire du genre humain ; enfin ils ont adopté cette hypothèse avec tant de respect, pour ne pas dire d'aveuglement, qu'ils ne paraissent s'être occupés qu'à chercher les moyens de concilier l'Écriture sainte avec leur opinion, et que, au lieu de se servir de leurs observations et d'en tirer des lumières, ils se sont enveloppés dans les nuages d'une théologie physique, dont l'obscurité et la petitesse dérogent à la clarté et à la dignité de la religion, et ne laissent apercevoir aux incrédules qu'un mélange ridicule d'idées humaines et de faits divins. Prétendre, en effet, expliquer le déluge universel et ses causes physiques, vouloir nous apprendre le détail de ce qui s'est passé dans le temps de cette grande révolution, deviner quels en ont été les effets, ajouter des faits à ceux du livre sacré, tirer des conséquences de ces faits, n'est-ce pas vouloir mesurer la puissance du Très-Haut? Les merveilles que sa main bienfaisante opère dans la nature d'une manière uniforme et régulière sont incompréhensibles; à plus forte raison, les coups d'éclat, les miracles doivent nous tenir dans le saisissement et dans le silence.

« Cette immense quantité de fossiles marins, que l'on trouve en tant d'endroits, prouve qu'ils n'ont pas été transportés par un déluge; car on observe plusieurs milliers de gros rochers et des carrières dans tous les pays où il y a des marbres et de la pierre à chaux, qui sont toutes remplies de vertèbres d'étoiles de mer, de pointes d'oursins, de coquillages et d'autres débris de productions marines. Or si ces coquilles, qu'on trouve partout, eussent été amenées sur la terre sèche par un déluge ou par une inondation, la plus grande partie seraient demeurées sur la surface de la terre, ou du moins elles ne seraient pas enterrées à une grande profondeur, et on ne les trouverait pas dans les marbres les plus solides à sept ou huit cents pieds de profondeur.

« Dans toutes les carrières, ces coquilles font partie de la pierre à l'intérieur, et on en voit quelquefois à l'extérieur qui sont recouvertes de stalactites qui, comme l'on sait, ne sont pas des matières aussi anciennes que la pierre qui contient les coquilles; une seconde preuve que cela n'est point arrivé par un déluge, c'est que les os, les cornes, les ergots, les ongles, etc., ne se trouvent que très rarement, et peut-être point du tout, renfermés dans les marbres et dans les autres pierres dures, tandis que, si c'était l'effet d'un déluge où tout aurait péri, on y devrait trouver les restes des animaux de la terre aussi bien que ceux des mers (voyez *Ray's Discourses*, pages 178 et suivantes).

« C'est, comme nous l'avons dit, une supposition bien gratuite que

de prétendre que toute la terre a été dissoute dans l'eau au temps du déluge; et on ne peut donner quelque fondement à cette idée qu'en supposant un second miracle qui aurait donné à l'eau la propriété d'un dissolvant universel, miracle dont il n'est fait aucune mention dans l'Écriture sainte; d'ailleurs, ce qui anéantit la supposition et la rend même contradictoire, c'est que, toutes ces matières ayant été dissoutes dans l'eau, les coquilles ne l'ont pas été, puisque nous les trouvons entières et bien conservées dans toutes les masses qu'on prétend avoir été dissoutes; cela prouve évidemment qu'il n'y a jamais eu de telle dissolution, et que l'arrangement des couches horizontales et parallèles ne s'est pas fait en un instant, mais par les sédiments qui se sont amoncelés peu à peu et qui ont enfin produit des hauteurs considérables par la succession des temps; car il est évident, pour tous les gens qui se donneront la peine d'observer, que l'arrangement de toutes les matières qui composent le globe est l'ouvrage des eaux; il n'est donc question que de savoir si cet arrangement a été fait dans le même temps; or nous avons prouvé qu'il n'a pas pu se faire dans le même temps, puisque les matières ne gardent pas l'ordre de la pesanteur spécifique et qu'il n'y a pas eu de dissolution générale de toutes les matières; donc cet arrangement a été produit par les eaux ou plutôt par les sédiments qu'elles ont déposés dans la succession des temps; toute autre révolution, tout autre mouvement, toute autre cause aurait produit un arrangement très différent; d'ailleurs, un accident particulier, une révolution ou un bouleversement, n'aurait pas produit un pareil effet dans le globe tout entier, et, si l'arrangement des terres et des couches avait pour cause des révolutions particulières et accidentelles, on trouverait les pierres et les terres disposées différemment en différents pays, au lieu qu'on les trouve partout disposées de même par couches parallèles, horizontales ou légèrement inclinées. »

Buffon n'ignorait pas d'ailleurs que certaines roches ne contiennent jamais de fossiles. « On ne trouve jamais, dit-il dans la première de ses œuvres qui traite de ce sujet [1], de coquilles ni dans le roc vif ou granit, ni dans le grès; au moins, je n'y en ai jamais vu, quoiqu'on en trouve, et même assez souvent, dans le sable vitrifiable duquel ces matières tirent leur origine. »

Il me paraît inutile de m'arrêter davantage à ce premier fait. C'est avec raison que Buffon a insisté sur son importance; mais si cela était nécessaire à son époque, à cause des erreurs d'interprétation dont il

1. T. Ier, p. 123.

était l'objet, il n'en est heureusement plus ainsi de nos jours. Le dernier enfant de nos écoles rirait également, et de ceux qui mettaient jadis la dispersion des fossiles sur le compte du déluge biblique, et de Voltaire, qui, pour railler ces croyants, tombait dans une erreur plus grossière et beaucoup moins excusable que la leur.

Je me borne à remarquer qu'il est un fait important dont Buffon ne paraît pas avoir eu connaissance, ou, du moins, dont il n'a pas su tirer les conséquences : je veux parler des différences d'âge considérables qui existent entre les espèces fossiles. Buffon a bien vu qu'elles étaient superposées, dans un certain ordre, dans des couches de terrains qui n'avaient été déposées que très lentement; mais l'étude de ces débris d'organismes anciens et celle des roches dans lesquelles ils sont contenus n'était pas encore assez avancée pour qu'il pût se rendre compte de ce fait que les débris des animaux les plus simples se trouvent dans les couches les plus anciennes, tandis que ceux des organismes les plus parfaits n'existent que dans les couches les plus récentes. Buffon pensait cependant que les animaux les plus anciens sont ceux dont on trouve les restes au sommet des montagnes les plus hautes, mais il n'indique pas le motif de cette opinion. Je la relève simplement, pour montrer qu'il avait eu quelque idée de la différence d'âge des fossiles. « On doit présumer, dit-il [1], que les coquilles et les autres productions marines que l'on trouve à de grandes hauteurs au-dessus du niveau actuel des mers sont les espèces les plus anciennes de la nature. »

Il ne vit pas non plus ce fait que les couches contenant des restes d'animaux marins alternent, dans certaines localités, avec d'autres couches ne renfermant que des débris d'animaux propres aux eaux douces.

Ces deux lacunes devaient nécessairement avoir une influence considérable sur la façon dont il expliqua la présence des fossiles marins sur les continents.

Le deuxième fait auquel Buffon attache la valeur d'un « monument de la nature » est la ressemblance des animaux et des végétaux fossiles avec ceux qui existent actuellement. Buffon n'avait pas étudié les animaux inférieurs; il ne connaissait pas non plus beaucoup l'anatomie des animaux supérieurs; du reste, l'anatomie comparée en était alors à la première phase de son développement. Ni Buffon ni ses contemporains ne se donnèrent donc le souci d'étudier les fossiles minutieusement, en les comparant aux animaux actuels. Il leur suffisait de constater certaines analogies de formes pour conclure

1. *Epoques de la nature*, t. II, p. 53.

à l'identité absolue des uns avec les autres. L'opinion de Buffon sur ce sujet se modifia cependant dans une certaine mesure avec le temps. On a vu plus haut que dans son *Histoire et théorie de la terre*, il admet l'identité absolue des animaux fossiles avec ceux qui vivent de nos jours : « Je vois de plus, écrit-il alors [1], que dans l'intérieur de la terre, sur la cime des monts et dans les lieux les plus éloignés de la mer, on trouve des coquilles, des squelettes de poissons de mer, des plantes marines, etc., *qui sont entièrement semblables* aux coquilles, aux poissons, aux plantes actuellement vivantes dans la mer, et qui, en effet, *sont absolument les mêmes.* » Il ne tarde pas cependant à admettre qu'il peut y avoir des espèces fossiles qui ont disparu. « Il peut aussi se faire, dit-il dans ses suppléments à l'*Histoire de la terre* [2], qu'il y ait eu de certains animaux dont l'espèce a péri; ces coquillages (les cornes d'Ammon ou Ammonites) pourraient être du nombre : les os fossiles extraordinaires qu'on trouve en Sibérie, au Canada, en Irlande et dans plusieurs autres endroits, semblent confirmer cette conjecture, car jusqu'ici on ne connaît pas d'animal à qui l'on puisse attribuer ces os, qui pour la plupart sont d'une grandeur et d'une grosseur démesurées. » Sa première opinion est cependant celle qui a ses préférences, car, trente ans plus tard, dans les *Époques de la nature,* il admet encore que « la plupart des coquilles appartiennent aux animaux de ce genre actuellement existants ».

Buffon commettait en cela une erreur grave, son génie en fut entravé; il se trouva hors d'état de tirer de ses études et de ses méditations les fruits qu'elles auraient pu produire s'il avait eu connaissance du nombre extrêmement considérable d'espèces disparues qui figurent parmi les animaux et les végétaux fossiles. A Cuvier était réservé l'honneur de cette découverte, ainsi que nous aurons l'occasion de le dire plus tard, en même temps que nous devrons montrer la fausseté des idées qu'il en tira.

Buffon fait figurer avec raison parmi ses « monuments de la nature » le fait que les animaux fossiles trouvés dans les régions septentrionales de nos continents sont presque tous des organismes actuellement propres aux mers des régions méridionales. On trouve, en effet, dans les parties les plus froides du globe, des animaux et des végétaux dont les genres ne vivent actuellement que dans des contrées plus ou moins chaudes, tandis qu'on ne trouve dans le voisinage des pôles aucun fossile attestant que ces contrées aient joui dans les périodes

1. Voyez plus haut, p. 504.
2. T. Ier, p. 128.

anciennes de l'évolution de la terre d'une température inférieure à celle que nous leur connaissons actuellement. Il est vrai qu'on rencontre dans certaines régions tempérées des animaux propres aux régions froides. Nous aurons à revenir plus tard sur l'interprétation qu'il importe de donner à ces faits.

Parmi les faits auxquels Buffon attache une très grande importance et sur lesquels il fonda sa doctrine, nous avons indiqué plus haut l'horizontalité des couches qui forment la portion superficielle de la terre. Ayant constaté, soit par lui-même, soit d'après les observations d'autres savants, que, dans un grand nombre de points du globe, les couches sont superposées régulièrement les unes aux autres, il en déduisit, par une généralisation plus hardie que juste, qu'il en était partout ainsi. « Je vois, dit-il dans son *Histoire et théorie de la terre* [1], des couches de sable, de pierres à chaux, d'argile, de coquillages, de marbres, de gravier, de craie, de plâtre, etc., et je remarque que *ces couches sont toujours posées parallèlement les unes sur les autres,* et que chaque couche a la même épaisseur dans toute son étendue ; je vois que dans les collines voisines les mêmes matières se trouvent au même niveau, quoique les collines soient séparées par des intervalles profonds et considérables. » Revenant sur ce sujet, dans les pièces justificatives de ce mémoire, il dit encore [2] : « Non seulement la terre est composée de couches parallèles et horizontales dans les plaines et dans les collines, mais les montagnes même sont en général composées de la même façon; on peut dire que ces couches y sont plus apparentes que dans les plaines, parce que les plaines sont ordinairement recouvertes d'une quantité assez considérable de sable et de terre que les eaux ont amenés, et, pour trouver les anciennes couches, il faut creuser plus profondément dans les plaines que dans les montagnes. »

En ce qui concerne les montagnes, il ajoute [3] : « J'ai souvent observé que, lorsqu'une montagne est égale et que son sommet est de niveau, les couches ou lits de pierre qui la composent sont aussi de niveau ; mais, si le sommet de la montagne n'est pas posé horizontalement et s'il penche vers l'orient ou vers tout autre côté, les couches de pierre penchent aussi du même côté. »

Il admet encore que chaque couche a la même épaisseur dans toute son étendue. « Au reste, chaque couche, soit qu'elle soit horizontale ou inclinée, a dans toute son étendue une épaisseur égale, c'est-à-

1. Voyez plus haut, p. 503.
2. T. Ier, p. 112.
3. T. Ier, p. 112.

dire, chaque lit d'une matière quelconque, pris à part, a une épaisseur égale dans toute son étendue; par exemple, lorsque, dans une carrière, le lit de pierre dure a 3 pieds d'épaisseur en un endroit, il a ces 3 pieds d'épaisseur partout; s'il a 6 pieds d'épaisseur en un endroit, il en 6 partout. Dans les carrières autour de Paris, le lit de bonne pierre n'est pas épais, et il n'a guère que 18 à 20 pouces d'épaisseur partout; dans d'autres carrières, comme en Bourgogne, la pierre a beaucoup plus d'épaisseur; il en est de même des marbres; ceux dont le lit est le plus épais sont les marbres blancs et noirs; ceux de couleur sont ordinairement plus minces, et je connais des lits d'une pierre fort dure et dont les paysans se servent en Bourgogne pour couvrir leurs maisons, qui n'ont qu'un pouce d'épaisseur; les épaisseurs des différents lits sont donc différentes, mais chaque lit conserve la même épaisseur dans toute son étendue. »

Il admet aussi que toujours les couches d'une colline correspondent exactement à celles de la colline située de l'autre côté du vallon et que les deux collines ont la même hauteur.

« Ces couches parallèles, dit-il [1], ces lits de terre ou de pierre, qui ont été formés par les sédiments des eaux de la mer, s'étendent souvent à des distances très considérables, et même on trouve dans les collines séparées par un vallon les mêmes lits, les mêmes matières, au même niveau. Cette observation, que j'ai faite, s'accorde parfaitement avec celle de l'égalité de la hauteur des collines opposées dont je parlerai tout à l'heure; on pourra s'assurer aisément de la vérité de ces faits, car, dans tous les vallons étroits, où l'on découvre des rochers, on verra que les mêmes lits de pierre ou de marbre se trouvent des deux côtés à la même hauteur. Dans une campagne que j'habite souvent et où j'ai beaucoup examiné les rochers et les carrières, j'ai trouvé une carrière de marbre qui s'étend à plus de douze lieues en longueur et dont la largeur est fort considérable, quoique je n'aie pas pu m'assurer précisément de cette étendue en largeur. J'ai souvent observé que ce lit de marbre a la même épaisseur partout; et, dans des collines séparées de cette carrière par un vallon de 100 pieds de profondeur et d'un quart de lieue de largeur, j'ai trouvé le même lit de marbre à la même hauteur; je suis persuadé qu'il en est de même de toutes les carrières de pierre ou de marbre où l'on trouve des coquilles, car cette observation n'a pas lieu dans les carrières de grès. »

Il applique les mêmes considérations aux couches situées de chaque

1. T. I[er], p. 114.

côté d'un détroit. « On a même observé, dit-il [1], que les lits de terre sont les mêmes des deux côtés des détroits de la mer, et cette observation, qui est importante, peut nous conduire à reconnaître les terres et les îles qui ont été séparées du continent; elle prouve, par exemple, que l'Angleterre a été séparée de la France, l'Espagne de l'Afrique, la Sicile de l'Italie, et il serait à souhaiter qu'on eût fait la même observation dans tous les détroits; je suis persuadé qu'on la trouverait vraie presque partout. »

Il insiste sur le fait que les collines situées de chaque côté d'un vallon ont à peu près la même hauteur, et que les angles rentrants des unes correspondent aux angles saillants des autres. « Si l'on considère en voyageant, dit-il [2], la forme des terrains, la position des montagnes et les sinuosités des rivières, on s'apercevra qu'ordinairement les collines opposées sont non seulement composées des mêmes matières, au même niveau, mais même qu'elles sont à peu près également élevées; j'ai observé cette égalité de hauteur dans les endroits où j'ai voyagé, et je l'ai toujours trouvée la même à très peu près des deux côtés, surtout dans les vallons serrés et qui n'ont tout au plus qu'un quart ou un tiers de lieue de largeur; car, dans les grandes vallées qui ont beaucoup plus de largeur, il est assez difficile de juger exactement la hauteur des collines et de leur égalité. »

Il cite à l'appui de ses assertions les collines d'une partie de la Bourgogne [3] : « Cette partie de la Bourgogne qui est comprise entre Auxerre, Dijon, Autun et Bar-sur-Seine, et dont une étendue considérable s'appelle le *bailliage de la Montagne*, est un des endroits les plus élevés de la France; d'un côté de la plupart de ces montagnes, qui ne sont que du second ordre et qu'on ne doit regarder que comme des collines élevées, les eaux coulent vers l'Océan, et de l'autre vers la Méditerranée; il y a des points de partage, comme à Sombernon, Pouilly-en-Auxois, etc., où l'on peut tourner les eaux indifféremment vers l'Océan ou vers la Méditerranée; ce pays élevé est entrecoupé de plusieurs petits vallons assez serrés et presque tous arrosés de gros ruisseaux ou de petites rivières. J'ai mille et mille fois observé la correspondance des angles de ces collines et leur égalité de hauteur, et je puis assurer que j'ai trouvé partout les angles saillants opposés aux angles rentrants, et les hauteurs à peu près égales des deux côtés. Plus on avance dans le pays élevé où sont les points de partage dont nous venons de parler, plus les montagnes ont de hauteur; mais cette

1. T. Ier, p. 114.
2. T. Ier, p. 114.
3. T. Ier, p. 115.

hauteur est toujours la même des deux côtés des vallons, et les collines s'élèvent ou s'abaissent également ; en se plaçant à l'extrémité des vallons dans le milieu de la largeur, j'ai toujours vu que le bassin du vallon était environné et surmonté de collines dont la hauteur était égale; j'ai fait la même observation dans plusieurs autres provinces de France. C'est cette égalité de hauteur dans les collines qui fait les plaines en montagnes; ces plaines forment, pour ainsi dire, des pays élevés au-dessus d'autres pays; mais les hautes montagnes ne paraissent pas si égales en hauteur; elles se terminent la plupart en pointes et en pics irréguliers, et j'ai vu, en traversant plusieurs fois les Alpes et l'Apennin, que les angles sont en effet correspondants, mais qu'il est presque impossible de juger à l'œil de l'égalité ou de l'inégalité de hauteur des montagnes opposées, parce que leur sommet se perd dans les brouillards et dans les nues. »

Enfin, il met en relief ce fait que les couches de la surface de la terre ne sont pas disposées les unes au-dessus des autres dans l'ordre de leur pesanteur spécifique, comme cela aurait dû se produire si elles s'étaient toutes déposées en même temps; mais que des couches plus légères se trouvent souvent situées au-dessous de couches beaucoup plus pesantes. « Il dit à ce sujet [1] : « Les différentes couches dont la terre est composée ne sont pas disposées suivant l'ordre de leur pesanteur spécifique; souvent on trouve des couches de matières pesantes posées sur des couches de matières plus légères; pour s'en assurer, il ne faut qu'examiner la nature des terres sur lesquelles portent les rochers, et on verra que c'est ordinairement sur des glaises ou sur des sables qui sont spécifiquement moins pesants que la matière du rocher; dans les collines et dans les autres petites élévations, on reconnaît facilement la base sur laquelle portent les rochers; mais il n'en est pas de même des grandes montagnes : non seulement le sommet est de rocher, mais ces rochers portent sur d'autres rochers, il y a montagnes sur montagnes et rochers sur rochers, à des hauteurs si considérables et dans une si grande étendue de terrain qu'on ne peut guère s'assurer s'il y a de la terre dessous, et de quelle nature est cette terre ; on voit des rochers coupés à pic qui ont plusieurs centaines de pieds de hauteur; ces rochers portent sur d'autres, qui peut-être n'en ont pas moins; cependant, ne peut-on pas conclure du petit au grand? et, puisque les rochers des petites montagnes dont on voit la base portent sur des terres moins pesantes et moins solides que la pierre, ne peut-on pas croire que la base des hautes montagnes est aussi de terre? »

1. T. Ier, p. 115.

Je rappelle, en terminant, que Buffon avait connaissance de l'irrégularité de position affectée presque constamment par certaines roches. Nous avons vu plus haut qu'il cite parmi elles les grès; il parle ailleurs des granits comme étant dans le même cas. Nous verrons plus bas ce qu'il faut penser de ces exceptions.

J'ai insisté sur l'opinion émise par Buffon relativement à ces différentes questions, parce que de cette opinion découle toute sa théorie de la formation des couches superficielles de notre globe, parce que, malgré les erreurs qu'elle contient, cette théorie se rapproche assez exactement de la vérité pour faire le plus grand honneur à l'illustre naturaliste, et enfin parce que j'aurai à signaler les attaques vigoureuses dont elle a été l'objet et auxquelles elle a résisté dans son ensemble.

Voyons maintenant quelle est la part de vérité et la part d'erreur contenues dans les idées émises par Buffon relativement à la disposition des couches superficielles de la terre.

Si l'on devait prendre à la lettre les termes « couches horizontales » et « couches parallèles » dont fait usage Buffon, il serait facile de montrer qu'il commettait une grave erreur en affirmant, à la suite de Woodward et d'autres savants antérieurs, que toutes les couches composant la surface de la terre sont horizontales et parallèles. Mais il me paraît évident qu'en se servant de ces expressions Buffon et ses prédécesseurs entendaient seulement dire que les terrains ne forment pas des masses informes, mais des couches régulièrement disposées les unes au-dessus des autres. L'observation la plus superficielle suffit, en effet, pour permettre de se convaincre que l'horizontalité absolue des couches, quoique fréquente, est loin d'être constante, et qu'une obliquité plus ou moins prononcée se présente beaucoup plus souvent. Il ne me paraît pas permis de croire que ce fait ait pu échapper à la sagacité de Palissy, de Woodward, de Buffon. Rappelons-nous qu'en parlant des montagnes Buffon note l'inclinaison fréquente des couches qui tapissent leurs flancs [1]. Il paraît néanmoins bien certain que ni lui ni ses prédécesseurs et ses contemporains n'ont eu connaissance des irrégularités considérables de position et de direction qui ont été déterminées dans les couches par des phénomènes ultérieurs à leur dépôt. Ils ont vu la loi générale qui préside à l'arrangement des terrains que l'on a nommés *stratifiés* à cause de leur disposition en couches superposées, mais ils n'ont pas saisi les perturbations qui, dans la plupart des cas, sont introduites dans cette loi. Ajoutons que cette ignorance des troubles apportés à la stratification régulière de notre sol n'a pas

1. Voyez plus haut.

empêché Buffon de découvrir l'explication du phénomène principal, que peut-être même elle a servi son esprit de généralisation, en ne le détournant pas de la voie où le poussait la vue d'ensemble de la loi. Peut-être même est-il permis de soupçonner qu'il a volontairement fermé les yeux sur les irrégularités de la stratification, afin de donner plus de poids à l'explication qu'il fournit de ce phénomène.

Cela dit, il est utile de passer rapidement en revue les principales modifications de direction et de position que les terrains stratifiés sont susceptibles de présenter. La modification la plus ordinaire et la plus simple consiste dans le redressement des couches, qui, d'horizontales deviennent plus ou moins obliques, souvent tout à fait perpendiculaires à l'horizon, et même, dans quelques cas, sont renversées au point de diriger vers le bas celle de leurs faces qui primitivement était supérieure. Ces redressements peuvent être accompagnés d'un phénomène propre à quelques couches. S'il existe entre deux couches solides, calcaires, par exemple, une couche encore molle et plastique, formée d'argile à éléments fins, cette dernière peut se plisser par suite du glissement des couches qui lui sont supérieures sur celles qui la supportent. Ces glissements et ces plissements de couches accompagnent fréquemment l'obliquité de direction produite par le redressement. La directien des couches est encore souvent modifiée par l'affaissement de leur partie médiane, ou, ce qui revient au même, par le soulèvement de leurs extrémités, ou bien encore par le relèvement de leur partie médiane et l'affaissement de leurs extrémités. Dans le premier cas, les couches deviennent concaves; dans le second, elles deviennent convexes. Dans quelques circonstances, la même couche peut subir alternativement les deux effets; elle est alors convexe dans une de ses parties et concave dans la portion suivante; elle peut même affecter une disposition en éventail très remarquable si ces alternatives de soulèvement et d'affaissement se reproduisent un certain nombre de fois dans leur longueur. Sur ces couches diversement contournées, il n'est pas rare d'en voir d'autres disposées dans une horizontalité plus ou moins parfaite : ce qui permet d'admettre que les secondes se sont déposées après que les premières avaient subi les bouleversements dont elles portent les marques indélébiles. On dit alors qu'il y a discordance de stratification, tandis qu'on désigne sous le nom de stratification concordante celle dans laquelle des roches de différentes natures et de différents âges sont disposées parallèlement et sans qu'on puisse les distinguer autrement que par la nature de leurs roches ou par celle des fossiles qu'elles contiennent. Enfin, dans un grand nombre de localités, des couches horizontales, inclinées ou contournées, se montrent coupées

perpendiculairement à leur surface par des fentes ou failles remplies d'une substance différente de celle qui les compose. Ces fentes peuvent avoir depuis quelques centimètres jusqu'à 10 et 15 mètres de largeur. Dans la plupart de ces cas, les couches brisées ne correspondent plus les unes aux autres dans le sens horizontal; l'une des parties de la couche a été fortement relevée par rapport à l'autre.

Je n'insiste pas davantage ici sur ces faits, dont nous aurons à exposer plus bas la signification. Je reviens à Buffon.

Parmi les faits qui ont attiré son attention et sur lesquels il a fondé sa théorie de l'évolution de la terre, nous avons vu figurer plus haut, à diverses reprises, celui de la correspondance des angles rentrants et des angles saillants des collines et des montagnes situées des deux côtés d'une même vallée. Nous avons déjà reproduit [1] l'observation de ce phénomène faite par lui-même dans la vallée de Bar-sur-Seine. Il ne fut pas le premier à attirer sur cette remarquable disposition des montagnes l'attention des savants. Avant lui, Bourguet en avait réuni un certain nombre d'exemples. « Personne, dit Buffon [2], n'avait découvert, avant M. Bourguet, la suprenante régularité de la structure de ces grandes masses : il a trouvé, après avoir passé trente fois les Alpes en quatorze endroits différents, deux fois l'Apennin, et fait plusieurs tours dans les environs de ces montagnes et dans le mont Jura, que toutes les montagnes sont formées dans leurs contours à peu près comme les ouvrages de fortification. Lorsque le corps d'une montagne va d'occident en orient, elle forme des avances qui regardent, autant qu'il est possible, le nord et le midi ; cette régularité admirable est si sensible dans les vallons, qu'il semble qu'on y marche dans un chemin couvert fort régulier; car si, par exemple, on voyage dans un vallon du nord au sud, on remarque que la montagne qui est à droite forme des avances, ou des angles qui regardent l'orient, et ceux de la montagne du côté gauche regardent l'occident, de sorte que néanmoins les angles saillants de chaque côté répondent réciproquement aux angles rentrants qui leur sont toujours alternativement opposés. Les angles que les montagnes forment dans les grandes vallées sont moins aigus, parce que la pente est moins raide et qu'ils sont plus éloignés les uns des autres; et, dans les plaines, ils ne sont sensibles que dans le cours des rivières, qui en occupent ordinairement le milieu; leurs coudes naturels répondent aux avances les plus marquées ou aux angles les

1. Voyez plus haut, p. 518.
2. *Sur les inégalités de la surface de la terre*, t. Ier, p. 139-140.

plus avancés de montagnes auxquelles le terrain, où les rivières coulent, va aboutir. Il est étonnant qu'on n'ait pas aperçu une chose si visible; et lorsque, dans une vallée, la pente de l'une des montagnes qui la bordent est moins rapide que celle de l'autre, la rivière prend son cours beaucoup plus près de la montagne la plus rapide, et elle ne coule que dans le milieu. »

Un peu plus loin, il ajoute : « M. Bourguet, à qui l'on doit cette belle observation de la correspondance des angles de montagnes, l'appelle, avec raison, la clef de la théorie de la terre ; cependant il me paraît que, s'il en eût senti toute l'importance, il l'aurait employée plus heureusement, en la liant avec des faits convenables, et qu'il aurait donné une théorie de la terre plus vraisemblable, au lieu que, dans son mémoire, il ne présente que le projet d'un système hypothétique dont la plupart des conséquences sont fausses ou précaires. »

En rapprochant tous ces faits, Buffon établit une histoire de la terre que je puis résumer de la façon suivante, à partir de la seconde phase, la première, déjà étudiée, répondant au refroidissement de la planète : Pendant que la surface de la terre se solidifie, l'eau et l'air s'en séparent ; l'eau est d'abord à l'état de vapeur suspendue en immense quantité dans l'atmosphère ; puis elle se précipite sur la terre et la recouvre d'un océan universel, dans lequel se développent d'innombrables organismes vivants. Ceux-ci se construisent, à l'aide des matériaux dissous dans l'eau, des coquilles calcaires qui tombent, après leur mort, dans le fond de la mer, s'y déposent en couches parallèlement superposées, très régulières, et forment, par leurs détritus, toutes les roches calcaires. Quant aux matières « vitrifiables », c'est-à-dire fusibles, qui constituaient la surface primitive du globe, elles ont été délayées par l'eau de l'océan universel, entraînées par les courants, accumulées en certains points où elles ont formé des montagnes, tandis que des vallées étaient creusées dans ceux d'où elles étaient enlevées en plus grande quantité. C'est donc sous les eaux de l'océan primitif que se sont formées toutes les chaînes de montagnes par accumulation des sédiments entraînés par les eaux et des débris des tests des animaux marins. C'est aussi sous les eaux de cet océan que les chaînes de montagnes ont été creusées des vallées qui séparent leurs sommets, et ce creusement a été effectué par les courants sous-marins. Plus tard, des crevasses s'étant formées dans le fond de la mer, une grande partie des eaux de l'océan universel ont pénétré dans les cavernes dont est creusée la terre au-dessous de sa surface, cavernes produites pendant le refroidissement du globle, de la même façon que se forment des ca-

vités dans une masse de fer que l'on fait fondre, bouillonner et refroidir au contact de l'air. Par l'abaissement consécutif du niveau des eaux, la surface de la terre s'est trouvée divisée en continents et en mers, mais son relief n'a pas cessé d'être modifié. Les courants sous-marins agissent sans cesse sur le fond des mers et le transforment, tandis que les pluies, les torrents, les ruisseaux, les rivières et les fleuves attaquent les continents, en minent la surface et en transportent les matériaux dans la mer.

Telle est, en résumé, l'histoire de la terre écrite par Buffon dans ses deux remarquables œuvres l'*Histoire et Théorie de la terre* et *les Époques de la nature*. Dans le second de ces ouvrages, il divise l'histoire de la terre en sept périodes :

Pendant la première, la terre et les planètes ont pris la forme qu'elles ont aujourd'hui.

Pendant la seconde, la terre s'est consolidée et refroidie; les matériaux qui entrent dans sa composition se sont agencés pour former « la roche intérieure du globe et les grandes masses vitrescibles de sa surface ». C'est pendant cette période que s'est formé le noyau des plus hautes montagnes.

La troisième époque répond à l'océan universel.

Pendant la quatrième, les eaux se sont abaissées, les continents ont apparu et les volcans ont commencé à agir.

Pendant la cinquième époque, les régions voisines des pôles sont suffisamment refroidies, quoique encore très chaudes, pour que les animaux y vivent en grand nombre, tandis qu'ils n'existent pas près de l'équateur, où règne une chaleur encore incompatible avec la vie. La terre s'est donc refroidie plus vite au voisinage des pôles qu'au niveau de l'équateur.

La sixième époque répond à la séparation des continents; d'abord tous unis, ils s'isolent alors les uns des autres pour affecter la disposition qu'ils ont aujourd'hui.

Pendant la septième époque, les hommes, jusqu'alors réduits à l'impuissance par la faiblesse de leur intelligence, s'unissent en sociétés et contribuent, par une action incessante et sans cesse plus énergique, à modifier la surface de la terre.

(A suivre.)

ORIGINE DE LA VIGNE

Par MM. L. Portes et F. Ruyssen[1]

Error communis facit jus. Ce vieil adage juridique n'a jamais trouvé de meilleure application qu'en ce qui concerne l'origine de la vigne. Ç'a été longtemps un « cliché », comme on dirait aujourd'hui, une sorte de dogme contre lequel il y avait quelque irrévérence à s'inscrire, que la vigne nous venait des Phéniciens, et nous venait uniquement d'eux.

C'est, pour ne parler que des naturalistes les plus illustres, la doctrine de Lamarck dans la *Continuation de l'Encyclopédie* et de Boscq dans le *Nouveau Dictionnaire d'histoire naturelle*, édité en 1819. Depuis, des notions nouvelles ont surgi : à côté de l'histoire et des légendes humaines, la nature nous a ouvert ses annales, et, dans une antiquité dont l'immensité n'a de comparable que celle des distances sidérales, nous y avons vu apparaître l'empreinte, nous pourrions dire la signature de la vigne. Des millions d'années avant que vous eussiez fait votre entrée sur la scène cosmique,semble-t-elle nous dire, j'étais là, sur ce sol que vous habitez; j'y étais à peu près telle que vous m'y trouvez aujourd'hui.

Tels sont les enseignements de la paléontologie végétale ou *paléophytographie*, ainsi qu'ils résultent des merveilleux travaux des Brongniart, des Schimper, des Heer, des Unger, des Ludwig, des Braun, des Gœppert, des Saporta, des Renault et des Grand'Eury. Telles sont les données de la *paléophytotomie*, qui, née française de la main de l'illustre Brongniart, est revenue, après une trop longue émigration en Allemagne, à sa patrie d'origine, à ce Muséum, où l'idée même en a été conçue et où M. Renault en continue aujourd'hui si glorieusement la tradition.

I

LES PRÉCURSEURS DE LA VIGNE

S'il est une idée que l'inventaire déjà immense, quoique à peine ébauché, des faunes et des flores des temps préhistoriques, — on serait presque tenté de dire, comme les Allemands, prémondaux (vorweltig), — fasse ressortir avec l'impériosité de l'évidence, c'est celle-ci : que l'être

1. Ce premier chapitre est extrait d'un livre actuellement sous presse, intitulé : *Traité de la Vigne.*

est fonction du milieu. Y a-t-il, suivant la conception platonicienne, dans les profondeurs du contingent, des *types* qui n'attendent, pour revêtir la matérialité, que la production d'un milieu adéquat à leurs conditions d'existence? C'est ce qu'évidemment nous ne saurions dire, mais toujours est-il que, pour employer le langage de Newton, « les choses se passent comme s'il en était ainsi » et comme si, de plus, ces types procédaient l'un de l'autre par une filiation lente, méthodique et successive. Chaque fois que le milieu change, l'être change, modifiant sa forme ou sa substance suivant les besoins nouveaux d'alimentation et de *défense* que comporte la modification du milieu, disparaissant lorsque le milieu lui devient décidément trop hostile. Les modifications de milieu ne s'opérant que dans des conditions de temps telles que les siècles y représentent à peine des heures, les degrés de transition, dont beaucoup nous manquent évidemment, sont presque insensibles; ceux qui demeurent l'attestent de la façon la plus manifeste. C'est ce que le professeur Albert Gaudry appelle « les enchaînements du monde organique. »

Le monde tout entier paraît avoir joui pendant les périodes primitives d'une température uniforme en toutes ses parties, pôle, équateur ou régions intermédiaires. La flore houillère est la même, par exemple, à la baie du Roi, au Spitzberg, par 80 degrés latitude nord, en Espagne, en Grèce, en Nouvelle-Zélande, en Belgique, dans la France centrale et méridionale [1]. Des végétaux de grande taille, — ou disparus depuis, comme les *Sigillaria*, les *Lepidodendron*, les *Asterophyllites*, les *Calamodendrées* [2], les *cordaïtes* [3], — ou confinés aujourd'hui dans les régions tropicales, comme les *cycadées* et les *fougères arborescentes*, — ou considérablement réduits de taille, comme les *prêles* et les *gnétacées*, tel était l'ensemble à la fois puissant et triste de la flore houillère. Une atmosphère en même temps épaisse et lourde, chargée de brumes fréquemment condensées en précipitations abondantes; point de « verdure » proprement dite, puisque point de feuilles caduques aux nuances tendres, multiples et changeantes, point d'animaux terrestres et point de fleurs. Des formes symétriques, comme seraient celles d'une forêt d'asperges arborescentes, où tout était pour ainsi dire ligneux, même les frondes rudes et coriaces, une végétation serrée, une croissance rapide; tout donné au fond, rien à la forme, comme si, en mère prévoyante et sans nul souci de coquetterie, la

1. Nous ne parlons pas des houilles récemment signalées au Tonkin par l'ingénieur Fuchs et qui sont d'origine triasique.
2. Ces *sub-conifères*, suivant l'expressive terminologie de Grand'Eury.
3. Type si curieux, tenant des cycadées, des gnétacées et des taxinées, et constituant, selon toute apparence, un stade de transition vers les Angiospermes.

nature se hâtait de constituer, en vue de l'homme encore à naître et dernier terme de son évolution, un immense réservoir de matière utile.

Le *permien*, le *trias* se forment, puis le *jurassique*, qu'un éminent paléophytographe a si bien dénommé le « moyen âge de l'histoire du globe[1] »;

Le matin n'est plus, le soir pas encore;

les types houillers proprement dits, les genres sans représentation actuelle ont déjà disparu; les conifères se sont franchement constitués sur leurs débris. Ce sont des Taxinées (*boiera*), des Araucariées à feuilles imbriquées sur la branche comme des écailles de poisson, et dont notre *araucaria imbricata* reproduit parfaitement la physionomie. Ce sont des *brachyphyllum*, des *pachyphyllum*, espèces éteintes, mais dont les genres subsistent. Les cycadées, abondent, et avec elles les fougères aux frondes dures et coriaces (*ctenopteris*, *cycadopteris*, *lomatopteris*, *scleropteris*, etc.). C'est l'heure où apparaissent les grands sauriens complexes, semi poissons (*ichthyosaures*), semi ophidiens (*plésiosaures*), semi oiseaux (*dinosauriens*, *rhamphorhynchus*, *archæopterix*), l'heure en un mot où s'accomplit le passage du poisson au reptile et du reptile à l'oiseau [2].

Les conditions cosmiques ont évidemment changé : le climat est vraisemblablement devenu moins brumeux, tout en demeurant fort chaud; mais ce qui n'a point changé, c'est l'uniformité de ces conditions pour toute la planète. « L'égalité climatérique devient alors manifeste ; les reptiles, dont la classe dominait à cette époque, réclament une grande chaleur extérieure : elle seule, à défaut de leur sang, qui en est privé, communique de l'énergie à leurs mouvements et favorise l'éclosion de leurs œufs. Les végétaux jurassiques recueillis dans l'Inde anglaise, en Sibérie et au Spitzberg ainsi qu'en Europe, font voir, de leur côté, que rien ne distinguait, à ce moment, la flore des pays voisins de la ligne de celle de nos pays et de l'extrême nord, et que les différences, lorsqu'elles existent, portent sur des détails secondaires et non pas sur le fond [3]. »

C'est avec la *craie inférieure* que, contrairement à ce qu'on avait pensé tout d'abord, la différenciation des latitudes commence à s'accentuer végétalement. « Une flore de cet âge a été observée à Kone, dans le golfe d'Omerak, par 70° 40′ de latitude nord. Les espèces

1. De Saporta, *le Monde des plantes*, p. 137. Paris, Masson, éditeur, 1879.
2. On sait que, par un grand nombre de particularités anatomiques, comme par le développement de leurs œufs, les oiseaux se rattachent aux reptiles, et notamment aux sauriens, ce qui les a fait réunir par les naturalistes les plus éminents, Huxley entre autres, en un groupe commun, sous la dénomination de Sauropsidés.
3. Saporta, *le Monde des plantes*, p. 137.



recueillies sont en grande partie les mêmes que dans l'*urgonien*, un des étages inférieurs de la craie dans le centre de l'Europe. Cependant une feuille de peuplier et quelques sapins du groupe des *Tsuga* se trouvent associés dans certains gisements aux cycadées et aux fougères gleichéniées qui dominent l'ensemble. Ce mélange, assurément fort remarquable, peut-il être considéré comme le premier indice du refroidissement polaire? C'est fort possible et même probable [1]. » Les nouvelles déterminations de Heer [2] sur la craie inférieure d'Atanekerdluk, latitude = 70°, ont grandement accentué les différences et, par cela même, justifié ces conclusions en quelque sorte instinctives. Quoi qu'il en soit, saluons au passage la première apparition des Angiospermes. Timidement encore, discrètement, humblement presque, elles prennent possession de la vie, que bientôt elles vont envahir. Ce sont des amentacées, végétaux *sans fleurs*, non seulement peupliers, mais chênes, platanes, noyers, liquidambars, dont les chatons mâles offrent encore tant d'analogie avec ceux des conifères, des figuiers [3], alliés si intimes des amentacées, des laurinées de toutes sortes, canneliers et sassafras à fleurs obscures et sans pétales; d'autres dicotylédones à facies méridional, qui ne doivent traverser l'existence que comme une étape vers des types plus stables, les *Credneria*, ces aïeuls des Sterculiées, les *Williamsonia*, ces précurseurs des *Eucalyptus*, etc., etc., des araliacées, dont un lierre, l'*hedera primordialis*, enfin des magnolias et liriodendron, les premiers végétaux *à fleurs* dans l'acception décorative du mot.

Avec la *craie cénomannienne*, cette flore polaire se développe et déborde sur le continent actuel. Déjà ont apparu au pôle les *cissus*, ces ancêtres encore vivants de notre *vigne*, tandis que, sur le continent, on n'en est encore qu'au *cissites* [4] *insignis*; l'évolution va donc très manifestement du nord au sud. Abondantes dans l'Allemagne cénomannienne de la Bohême à la Silésie, c'est-à-dire du 51° au 49° de latitude, les dicotylédones sont, au contraire, rares à Toulon, où prédominent encore les conifères et les fougères coriaces, où la végétation a gardé, en un mot, une physionomie jurassique. Signalons pourtant, en Bohême comme en Provence, la présence des palmiers, qui, par un mouvement inverse, analogue à celui des vents alisés, et qui s'accentuera encore dans l'*éocène*, semblent remonter vers le nord, à

1. Saporta, *loc. cit.*, p. 136. Paris, Masson, 1879.
2. Heer, *Die fossile Flora der Polarländer*. Zurich, 1882.
3. *Ficus atavina*, *ficus crassipes*, etc.
4. En paléontologie, la terminaison *ites* indique des végétaux analogues, mais non identiques une forme de transition conduisant à ceux indiqués par le radical : *palmacites*, végétal analogue au palmier, *cissites* au cissus, etc. Voir pour cela, comme pour la nomenclature, Schimper, *Traité de paléontologie végétale*, passim.

mesure que les dicotylédones descendent vers le midi, *mais qui ne doivent jamais dépasser la Baltique.*

Des platanes, des chênes, des hêtres, des peupliers, des amentacées, en un mot, dont les genres, sinon les espèces, semblent dès lors franchement constitués, avec cela des Magnoliacées, des Laurinées, des Mimosées, sans parler des Palmiers, Cycadées et Fougères, des *Ampélidées* naissantes enfin, tel est le synopsis déjà complexe du règne végétal à la veille du *tertiaire.*

Pourtant, point encore de gamopétales. La soudure des pièces isolées en un tout plus solidaire et plus résistant semble avoir été, en ce qui concerne les enveloppes florales, non seulement une étape progressive, mais le dernier terme de l'évolution; aussi les gamopétales n'apparaissent-elles qu'à une période tout à fait moderne et quasi contemporaine de l'homme [1].

Au point de vue restreint, mais important pour nous, des Ampélidées, le progrès, au lieu de porter sur les enveloppes [2], d'ailleurs très ténues et très caduques, s'est manifesté sur les organes foliacés, et c'est ainsi que des feuilles digitées des Cissus, des Ampelopsis, nous passons aux feuilles simples de la vigne [3]. Cela est tellement vrai que, chez les vignes spontanées du type *vinifera*, qui semble être lui-même un type ultime de perfectionnement, l'état sauvage ou le retour à l'état inculte (verwildert des Allemands) se traduit souvent par une échancrure beaucoup plus grande des lobes, allant presque, lorsqu'elle n'y atteint pas tout à fait, jusqu'à la digitation. Ajoutons que dans son excellent *Questionnaire sur la manière de cultiver la vigne*, M. P. Renard signale ce fait révélé par la pratique qu' « un cépage à feuille pleine et ronde est généralement meilleur que celui à feuille laciniée [4] ».

II

LA VIGNE AUX TEMPS GÉOLOGIQUES

Avec le *paléocène*, apparaît la première vigne, non le *vitis vinifera*, mais un vitis [5] de physionomie américaine, analogue, ce ne serait pas

1. Voir Schimper, *loco citato*.

2. Il y a, du reste, dans le périanthe, un commencement de cohérence. Seulement c'est par en haut que, dans le genre Vitis, les pétales, libres chez les Cissus, contractent adhérence, pour tomber ensuite tout d'une pièce.

3. Les intermédiaires existent encore : sans parler des vignes du Soudan et des Ampelo-cissus de Planchon, ce sont la *vitis incisa* du Texas, Nutt, à inflorescence de *cissus* et à feuilles entières en bas et lobées en haut, et la *vitis inconstans* du Japon et de l'Himalaya, Miq. (voir Regel, *Conspectus specierum*... Pétersbourg, 1873).

4. P. 117. Paris, chez l'auteur, 54, rue des Martyrs.

5. Vitis Sezannensis, Sap.



assez dire, mais identique au *vitis rotundifolia* de Michaux, *vulpina* de Linné (*Scupernong, Southern fox grape* des Américains). Que le lecteur en juge comme nous par la confrontation de l'empreinte paléocène trouvée à Sezanne (Marne) [fig. 1] et du *calque*, pris sur nature dans l'herbier Michaux et réduit par la photographie (fig. 2). Cette identité n'a d'ailleurs rien de choquant; les feuilles en question, ayant été trouvées en compagnie de feuilles de noyers, de laurinées, de tiliacées, de magnoliacées, de symplocées, d'anacardiacées, d'artocarpées,

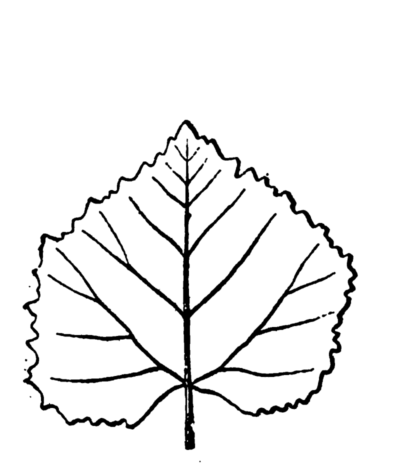


Fig. 1. — Vitis Sezannensis (vigne fossile).

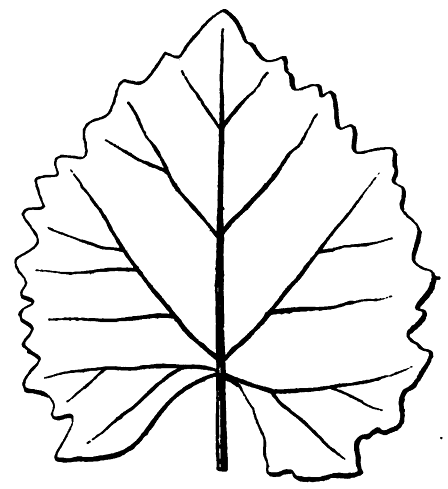


Fig. 2. — Vitis rotundifolia.

il n'y a là rien qui doive sensiblement différer du cortège végétal habituel au *vitis rotundifolia*, espèce essentiellement méridionale, ne dépassant pas le Potomac, c'est-à-dire le 39° degré de latitude.

Marquée par l'invasion de la *mer nummulitique*, sorte de Méditerrannée beaucoup plus étendue que celle d'aujourd'hui, noyant le nord de l'Afrique, l'Italie, une grande partie de l'Allemagne, l'Espagne occidentale, la France méridionale, et découpant le reste du continent européen ainsi que l'Asie en une foule de fragments, la période *éocène* semble avoir été accompagnée d'un accroissement de chaleur qui peuple notre continent d'espèces indo-africaines. C'est l'époque où se constitue le *calcaire grossier* du bassin de Paris, celle où s'y déposent à profusion ces fruits de Nipa qu'on rencontrait récemment dans les couches du Trocadéro et dont il faut maintenant aller chercher les analogues jusqu'au Gange. Point de traces de vignes dans les dépôts éocènes trouvés jusqu'ici, ce qui ne signifie point d'ailleurs qu'elle ait alors disparu, car d'autres investigations peuvent la révéler demain, mais qu'elle s'était peut-être retirée dans des régions élevées et trop

éloignées des bassins, qui nous ont conservé dans leurs sédiments les empreintes de végétaux contemporains, pour que ses débris aient pu arriver jusqu'à eux.

Avec l'*oligocène* ou *tongrien*, les continents se soudent peu à peu à l'aide d'émersions partielles, la mer découvre petit à petit les reliefs alors très faibles des Alpes qu'elle avait occupés jusque-là. Des lacs salés analogues à la Caspienne y demeurent encore, puis finissent par se dessécher, laissant derrière eux, comme témoins de leur passage, les *flysch*, ou schistes à fucoïdes. Moins importante que la mer éocène, la mer tongrienne échancre notre continent dans une direction tout opposée, nord occidentale, embrassant le bassin de Paris, où elle dépose les grés de Fontainebleau, la Belgique d'Ypres à Maëstricht, la Westphalie, et, après avoir contourné le Harz, l'Alsace jusqu'au Jura.

Pendant cette période essentiellement lacustre où l'Auvergne, encore dépourvue de montagnes, la Provence, l'Italie du nord, la Styrie, la Carinthie, la Dalmatie se couvrent de vastes nappes d'eau dormantes, les conifères américains et asiatiques, tels que les Sequoia, Libocædrus, Chamæcyparis, Taxodium, Glyptostrobus, descendent sur le continent, du pôle où ils existaient déjà depuis la craie inférieure. En même temps, les Laurinées, les érables, les charmes, les ormes, les chênes s'y multiplient, accompagnés de magnifiques nymphéacées, accusant ainsi un climat moins sec que dans l'éocène. Pourtant les palmiers, représentés par leurs plus élégantes variétés, telles que le *Sabal major*, ce proche parent du *Sabal umbraculifera*, le roi de la végétation tropicale, continuent et continueront encore bien longtemps à prospérer en compagnie des Dragonniers, qui ne disparaîtront guère avec eux qu'après le soulèvement des Alpes occidentales, vers la période sub-apennine.

Les deux sous-périodes aquitannienne et mollassique, qui constituent le *miocène*, la première plutôt lacustre, la seconde maritime, paraissent avoir été marquées, cette dernière surtout, par l'extrême douceur d'un climat que Heer croit pouvoir comparer à celui de Madère et par une apogée de splendeur végétale que notre continent ne devait plus revoir. Plantes aujourd'hui européennes, sinon identiques, au moins représentées par des variétés ancestrales très rapprochées; plantes tropicales, canneliers, avocatiers, palmiers flabelliformes et pinnatiformes, mimosées et cæsalpiniées de toutes sortes, y compris les élégants *Podogoniums*, aujourd'hui disparus; flore maintenant américaine ou asiatique (Sequoias, taxodiums, liriodendrons, glyptostrobus, Ginkos, etc.); tout cela se confondait en un ensemble d'une opulence harmonieuse, véritable caravansérail végétal, dont les hôtes

hétérogènes allaient, après une trop courte fête, se séparer pour toujours.

Au milieu de cette nature en joie, de « ces forêts primitives, d'où la vie ne disparaissait jamais entièrement, mais se renouvelait en répandant à profusion ses richesses et réalisant en Europe le tableau des zones bénies où, de nos jours, la végétation ne perd jamais son activité [1], » la vigne n'avait point été la dernière au rendez-vous, et, comme aujourd'hui, dans les forêts du Texas et de la Louisiane, de la vallée de Kashmyr [2], de l'Imérétie et de la Mingrélie [3], elle enroulait de ses rameaux variés, autant que luxuriants, les chênes, les peupliers et les Sequoias miocènes, et projetait de l'un à l'autre ses gracieux arceaux.

Variés, disons-nous, car nous n'en sommes plus à l'unique vigne (actuellement connue) du paléocène. Comme chez les chênes et les peupliers, le genre, une fois apparu, a pris un rapide essor. Il s'est diversifié en une foule de variétés, toutes déjà plus ou moins rapprochées des variétés actuelles, et il constitue dès à présent, à lui tout seul, un groupe petit encore [4], mais bientôt suffisant pour qu'à la fin du *pliocène* nous puissions dresser une Ampélographie du tertiaire et tâcher de relier les types fossiles aux diverses espèces encore vivantes.

L'aire de diffusion de la vigne tertiaire est fort étendue, puisqu'elle va depuis l'Islande, le Groenland et l'Alaska (Amérique russe) jusqu'en Italie et en Eubée (gisement de Coumi, *aquitanien*). Sans insister sur ce point, et pour faire saisir nettement la filiation que nous allons essayer d'établir, filiation que l'étude des faits nous a révélée, il est nécessaire de bien s'entendre sur les caractères ampélognostiques qui différencient les types de vignes américaines ou asiatiques du tyde *vinifera* même asiatique ou africain.

En premier lieu, les types américains eux-mêmes peuvent au point de vue de la phyllographie se diviser en deux classes : les types à dents suraiguës, subulées, tels que les *riparia* et *cordifolia*, — ces types sont ordinairement glabres ; — les types à dents obtuses ordinairement couverts à la face inférieure d'un duvet, soit blanc, soitd'un brun chamois. Les premiers sont généralement à feuilles plus longues que larges, de telle sorte que, si on les inscrit dans un parallélogramme tangent

1. Heer, *Die Urwelt der Schweiz*.
2. Carrière, *Revue horticole*, 1880.
3. Parrot, *Annales des sciences naturelles*, 1833.
4. Les formes américaines y prédominent encore : les types européens, ceux du vitis vinifera, n'apparaîtront que dans la période suivante, celle du *pliocène*, où petit à petit, par une action très lente, s'opère la sélection spontanée des espèces destinées aux diverses latitudes et leur émigration vers leur habitat définitif, où, en un mot, à la veille du *quaternaire*, la scène cosmique se constitue définitivement telle que l'homme va la trouver.

aux points d'extrême développement, on a un rectangle à grand axe vertical (fig. 3); les seconds au contraire, à facies écrasé, qui rappelle la tortue, généralement plus larges que longs, de telle sorte que leur rectangle inscripteur est à grand axe horizontal (fig. 4).

Le *labrusca* et le *vinifera* se ressemblent en ce qu'ils sont à peu près

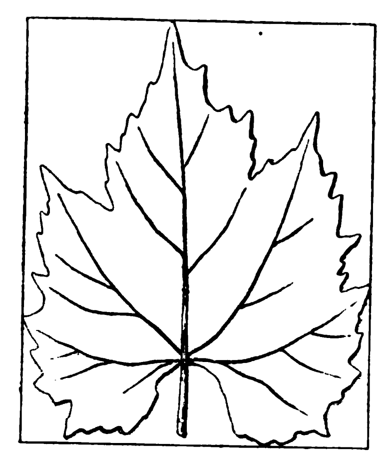
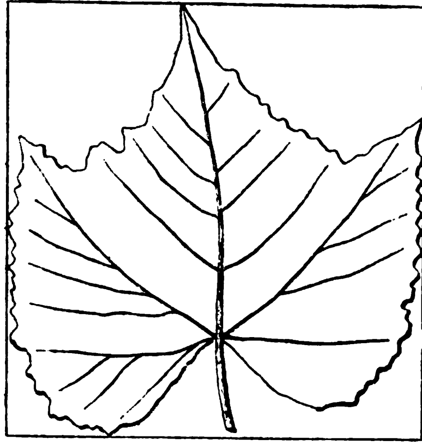


Fig. 3. — Vitis Riparia.

Fig. 4. — Vitis Monticola.



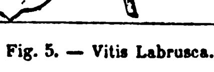


Fig. 5. — Vitis Labrusca.

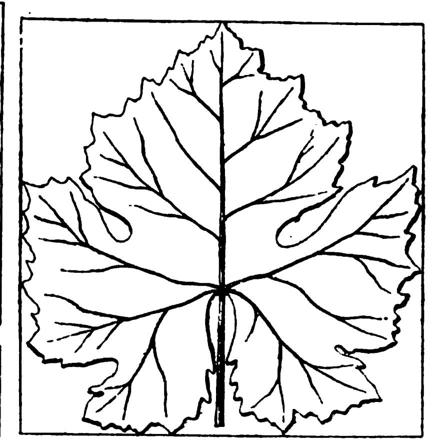


Fig. 6. — Vitis vinifora.

aussi larges que longs et que leur rectangle inscripteur tend, s'il n'est adéquat, au carré. Mais là n'est point la différence la plus notable (fig. 5 et 6).

Chez les vignes du type *vinifera*, la feuille, au lieu de s'arrêter à son point d'attache ou à peu de distance de son point d'attache avec le pétiole, se développe inférieurement en deux lobes à échancrure

conchoïdale dont la cavité est tournée vers le pétiole et que, pour aider à la facilité de la démonstration, nous demanderons la permission d'appeler le *tablier*.

Parfois les deux lobes du *tablier* se rejoignent et chevauchent l'un sur l'autre avant de prendre leur direction vers l'extérieur, de telle sorte que le pétiole apparaît, un instant, comme à travers une lucarne, disparaît, puis reparaît après une assez longue occultation [1] (fig. 7).

Ou bien (fig. 6), dans leur incurvation convergente, les deux lobes du tablier ne rejoignent le pétiole qu'au moment de prendre leur direc-

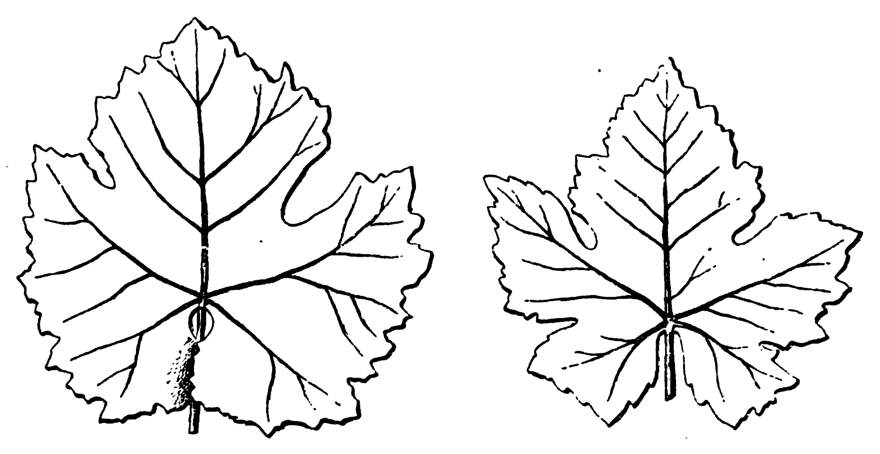


Fig. 7. — Vitis vinifera. Fig. 8. — Vitis vinifera.

tion divergente vers l'extérieur, et le pétiole traverse en le biséquant l'espace évidé par les deux arcatures.

Ou bien, encore (fig. 8), les deux courbes laissent entre elles et le pétiole un léger espace inoccupé. De toute façon, l'échancrure du tablier forme, au-dessous du point d'insertion du pétiole, deux courbes interséquées à convexité axipète : l'échancrure est donc *introflexe*.

Chez les espèces autres que le *vinifera*, au contraire, ou le tablier n'existe pas, comme il arrive fréquemment chez les Riparia (fig. 9), et alors le contour inférieur de la feuille prend avant de se recourber vers le haut une direction horizontale, de telle sorte qu'il forme un angle de 90° avec le pétiole; ou bien, dès le point d'insertion au pétiole, les deux lobes divergent en faisant avec lui de chaque côté un angle d'environ 45° (fig. 5); ou bien les deux formes ci-dessus se combinent (fig. 10) de telle sorte que le contour du limbe s'éloigne d'abord horizontalement du pétiole et ne prend que plus loin une direction

1. Cette disposition est très marquée chez le Corinthe.

descendante, dont l'obliquité ne peut être mesurée qu'à l'aide d'une parallèle au pétiole et non à l'aide du pétiole lui-même.

De toute façon et dans tous les cas où le tablier existe, l'échancrure est donc axifuge et *extroflexe*.

Une autre condition qui ne contribue pas moins à donner aux vitis vinifera par rapport à toutes les autres espèces cette physionomie particulière qui les fera toujours reconnaître comme instinctivement, au premier coup d'œil, ce sont les longueurs respectives du limbe total et du tablier. Chez les vitis vinifera, le rapport des deux dimen-

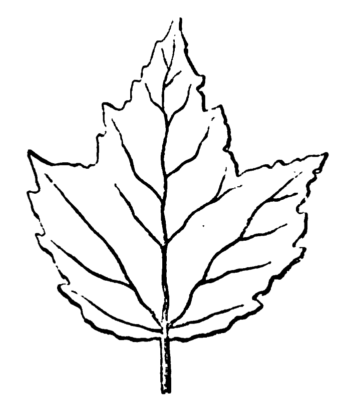




Fig. 9. — Vitis Riparia.

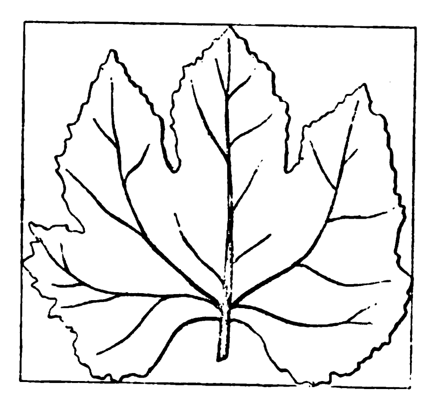


Fig. 10. — Vitis æstivalis.

sions varie entre 24 et 40 0/0 (en moyenne, il peut être évalué à 27 0/0 [1].) Dans les autres types, le tablier n'existe pas ou n'a qu'une proportion beaucoup moindre; le rapport à la dimension totale du limbe varie de zéro à 18, ou 19 0/0 longueur extrême, (en moyenne 16 0/0).

En somme, les caractères phyllognostiques des deux groupes peuvent être ainsi déterminés :

Type vinifera : *échancrure du tablier introflexe; rapport de la dimension du tablier à celle du limbe total, jamais moindre de 20 0/0* [2].

1. Nous avons vérifié cette moyenne sur les feuilles de plus de deux cents variétés de vignes.

2. Chargé par une commission internationale d'ampélographie comparée de résumer en un livre les résultats de cinq ans de travaux et d'observations, Hermann Gœthe a, dans son *Handbuch der Ampelographie*, subdivisé les feuilles de Vitis vinifera en six types, qu'il a représentés dans une planche spéciale. Or, très différents par le contour, en ce sens qu'ils sont entiers ou lobés, à bords unis ou dentés, à dents mousses ou subulées, à sinus plus ou moins profonds, les six types s'accordent en ce qu'ils sont :

Tous six inscriptibles dans un carré;
Tous six à tablier > 20 0/0 du limbe total;
Tous six introflexes.

H. Gœthe a, comme nous, remarqué l'échancrure conchoïdale du limbe autour du pétiole, à laquelle il a même donné un nom court, bien que composé (Stiellbucht, anse pétiolaire), d'un emploi commode et que l'ampélographie française ferait bien de retenir. Nous sommes heureux de nous être si complètement rencontrés avec le savant directeur de l'Ecole pomo-œnologique de Grätz, dont le travail, publié en Styrie, ne nous a été communiqué que tout



Types asiatiques et américains : *échancrure du tablier extroflexe; rapport de la dimension du tablier à celle du limbe total, nul ou moindre de 20 0/0.*

Cela bien établi, passons maintenant à l'ampélographie du tertiaire.

Le cercle polaire a fourni à Heer, qui les a déterminées sur les échantillons prélevés par Nordenskiöld, trois types d'Ampélidées[1], savoir :

1° *Vitis Islandica*, trouvé à Brjamslak (Islande) et en tout point sem-

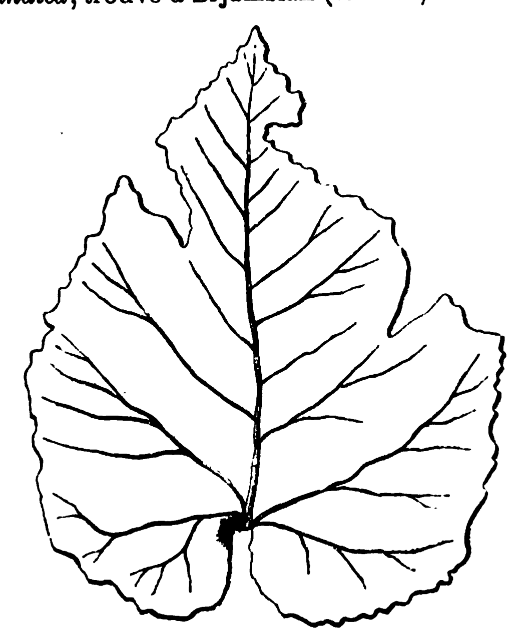


Fig. 11. — Vitis olriki (vigne fossile).

blable au *vitis teutonica* d'Al. Braun, dont nous parlerons plus loin.

2° *Vitis olriki*, dont nous donnons la figure (fig. 11) et que, n'étaient les pépins trouvés à côté des feuilles, on serait tenté de prendre pour une feuille de tilleul. Il rappelle du reste parfaitement une vigne américaine, le Vitis æstivalis (var. cinerea), aussi bien que le Vitis tiliœfolia de la Nouvelle-Grenade. Il a été trouvé à Atenekerdluk (miocène).

récemment. Les nombreuses figures de l'Atlas ampélographique de Kerner s'accordent également avec notre définition.

Ajoutons enfin qu'un cépage dit américain, le Jacquez, ou *Cigar-Box Grape*, à feuilles très polymorphes, en présente fréquemment de conformes au type vinifera. Nous avons donc lu sans étonnement dans : *Les vignes américaines* de Planchon, cette mention : « Origine inconnue; on dit qu'on l'aurait apporté en 1803 de Gibraltar à Oaktand Alabama. » Les travaux de la *Commission supérieure du Phylloxera* ont, depuis, éclairé cette question, en établissant que lorsqu'on sème du Jacquez on obtient à la fois : 1° du Jacquez; 2° de l'Æstivalis; 3° du Vinifera.

Evidemment le « Cigar-Box » est un hybride des deux derniers cépages. L'exception confirme ainsi la règle.

1. Heer, *Die fossile Flora der Polarländer*.

3° *Vitis arctica*. La feuille, trouvée également à Atenekerdluk, avec des feuilles de *platanus aceroïdes* et d'*acer rostratum*, est incomplète et dès lors, quelque immense autorité qui s'attache aux arrêts de l'illustre professeur de Zurich, peut prêter à contestation. Heer l'assimile au Vitis cordifolia de Michaux [1]. Passons.

Une des trop rares épaves de la précieuse collection réunie à Alaska par le bourgmestre Hjalmar Furnejelm, d'Helsingfors, et qui fit naufrage au retour sur la côte du Mexique, le *vitis crenata*, ressemble en tout point au *vitis olriki*. La seule différence, selon Heer, ce sont des dents un peu plus obtuses [2].

Les lignites aquitaniens de Bovey Tracey, dans le Devonshire, ont



Fig. 12. — Vitis Teutonica (vigne fossile).

Fig. 13. — Vitis riparia (Rubra).

fourni à l'infatigable déterminateur deux autres types dont il n'a trouvé que les râfles et les pépins, savoir : le *vitis Hookeri*, à pépins acuminés, à dos convexe, à tubercule chalazique rond et accusé; le *vitis Britannica*, à pépins ovales, elliptiques, à dos plein et à tubercule effacé [3].

Peu de sujets ont été traités avec plus de détails, et on pourrait presque dire avec plus de passion que le *vitis Teutonica*. Trouvée dans les lignites wétéraviens de Salzhausen, par M. Braun, qui l'a ainsi dénommée, à Œningen et à Kesselstein par Heer, à Langenaubach dans le Westerwald par C. Koch, cette vigne a été figurée et décrite : par Al. Braun, dans le *Leonhard und Braun's neues Jahrbuch für Mineraloglie, Geognosie*, etc., 1854; par Unger, dans son *Sylloge plantarum fossilium;* par Ettingshausen, dans ses *Beiträge zu tert. Fl. v. Steierm;*

1. Heer, *Die fossile Flora der Polarlander*.
2. Heer, *Flora fossilis alaskana. Kongl-Svenska Vetenskassa.*
3. Heer, *On the fossil flora of Bovey Tracey* (*Philosophical Transactions*, 1862).

par Heer dans la *Tertiäre Flora der Schweiz;* et surtout avec des détails qui sont un véritable tour de force de patience et de précision par Ludwig dans le magnifique *Paleontographica* de Dunker et Meyer, t. V et VIII.

Les échantillons recueillis se composent non seulement de feuilles et de pépins, mais de rafles et grains de raisins munis de leurs pédicelles. Ludwig insiste beaucoup sur l'irrégularité de la feuille, sur l'inégalité de ses lobes, sur son obliquité, et il la compare au *cordifolia* de Michaux; l'assimilation se justifierait infiniment mieux, selon nous, avec le *vitis riparia* du même auteur et principalement avec la variété *rubra*, où se retrouvent les mêmes formes obliques et scalènes (fig. 12 et 13). Quant aux pépins affinés inférieurement en bec d'oiseau (schnabelartig), ce sont aussi, à en juger par les figures du Dr Engelmann insérées dans Bush et Meissner [1], les *riparia*, qui, de tous les cépages américains, se rapprochent le plus de cette forme, assez commune dans les cépages méridionaux du type *vinifera* [2].

Quoi qu'il en soit, le *vitis Teutonica* [3], qui paraît constituer une espèce

1. Bush et Meissner, *Les vignes américaines*, traduit par Bazille; annoté par E. Planchon.

2. Voir au Muséum, herbier Sagot, les pépins de vignes recueillis dans toute l'Espagne par M. E. Cotteau. Voir notamment les pépins de Salamanque, de Cordoue et de Mérida, près de Badajoz.

3. Au nombre des feuilles représentées par Ludwig, il en est une qui affecte un caractère tout particulier et sur lequel il nous paraît absolument indispensable d'insister. Le sommet en offre

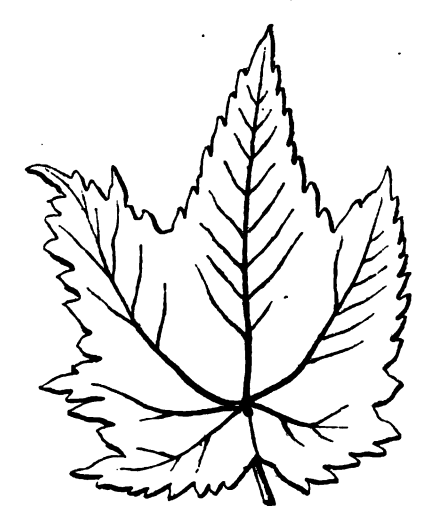


Fig. 14. — Vitis Teutonica (vigne fossile).

les formes suraiguës et dissymétriques du *V. riparia*, ou, si l'on veut, du *V. Teutonica*, et le tablier en est tout européen (fig. 14). Au point de vue morphologique des Ampélidées, il y a là un de ces stades mixtes entre un type déjà en pleine possession de la vie et un type encore à naître, entre l'être et le devenir, analogue à ce que sont, pour un autre règne, ces sauriens à patte d'oiseau dont nous avons déjà parlé.

bien définie, abonde dans les lignites mollassiques. Il a été trouvé également à Schessnitz (Silésie), en Styrie [1], etc.

Le *vitis Ludwigii,* trouvé par Ludwig dans les lignites de Dorheim (Wettéravie), et qu'Al. Braun, qui l'a ainsi dénommé en l'honneur de son savant collègue de Cassel, considère comme constituant un genre différent du Vitis Teutonica de Salzhausen, est représenté seulement par des graines. Ces pépins, qu'on trouve accolés par groupes de quartre, sont très *schnabelartig* par en bas, et, sur la face dorsale, la chalaze, assez longue, est entourée de 5 à 7 sulcatures rayonnantes qui lui donnent un caractère très élégant [2]. Al. Braun n'a retrouvé ce caractère, parmi les espèces vivantes, que chez une vigne d'Abyssinie dont les pépins sont d'ailleurs semi sphériques. D'après

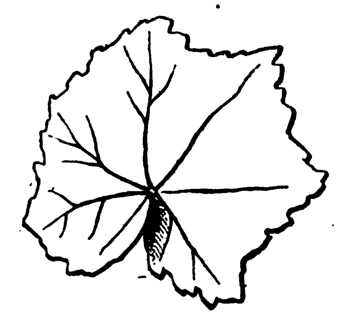


Fig. 15. — Vitis Braunii (vigne fossile).



Fig. 16. — Vitis Braunii (vigne fossile).

les figures d'Engelmann,il se retrouverait aussi chez les Riparia,variété Clinton [3].

Le *vitis Braünii*, ainsi dénommé, par un courtois échange de bons procédés scientifiques, par Ludwig, en l'honneur de Braun, n'est, au contraire, caractérisé que par des feuilles trouvées à Salzhausen et à Rockenberg. Leurs formes sont beaucoup moins aiguës et beaucoup moins scalènes que celles du V. Teutonica. Ce type vraiment autonome a des affinités avec le V. Labrusca (Mich.) et même le V. vinifera, et peut-être est-ce une forme de transition entre les deux (fig. 15 et 16).

Cette transition semble s'accuser mieux encore dans le *vitis*, bien dénommé sous ce rapport, *prævinifera*, et trouvé dans la station mollassique de Montcharray (Ardèche). Que les lobes inférieurs se prolongent au-dessous du point d'attache et s'incurvent vers le pétiole, que le lobe médian se redresse et s'élargisse, et nous voilà en plein

1. Heer, *Die tertiäre Flora der Schweiz.*
2. Al. Braun, *Protokoll der April Sitzung,* 1857. Dunker und Meyer, *Paleontographica,* t. V, pl. XX.
3. Bush et Meissner, *loc. cit.*

chasselas ou en plein gamai, en un mot en pleine Europe [1] (fig. 17).

Le *vitis Tokayensis* n'est point pour démentir cette progression vers le type vinifera. Le lobe inférieur s'est allongé comme nous le désirions tout à l'heure ; il ne lui reste plus, pour atteindre la complète normalité, qu'à s'incurver en double conque autour du pétiole [2] (fig. 18).

Pourtant, nous l'avons dit, les types américains et asiatiques persistent encore et n'émigreront qu'à la fin du pliocène, après le soulèvement des Alpes qui a donné à l'orographie de la planète sa physionomie actuelle. Tel le *vitis subintegra*, encore parent des Cordifolia, que nous montrent les cinérites du Cantal [3] (fig. 19). Tel le *vitis Ausoniæ*, type encore plus affine que le vitis Braunii aux Labrusca et aux Vinifera, trouvé par Gaudin dans les travertins supérieurs du val d'Era [4] (Toscane), en même temps qu'un *vitis vinifera* [5] non douteux (fig. 20). Avant l'arrivée de l'homme, et comme

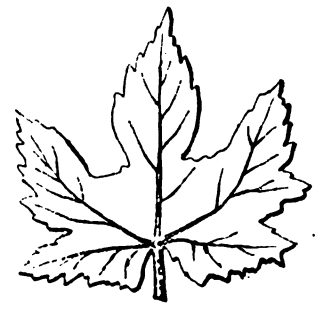




Fig. 17. — Vitis prævinifera (Vigne fossile).

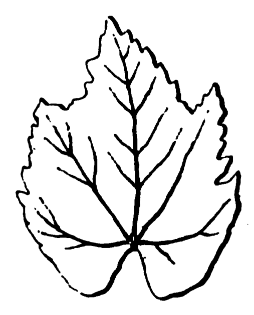


Fig. 18. — Vitis Tokayensis (vigne fossile).

pour lui faire fête, le type est donc définitivement constitué. Leur suppléance achevée, et comme si leur rôle sur ce continent était terminé, les vitis antérieurs ou disparaissent ou émigrent vers l'Asie et l'Amérique, entraînant, soit dans leur disparition, soit dans leur exode, les Cissus, leurs prédécesseurs et leurs ancêtres, qui abondent aux divers étages tertiaires [6] et dont pas un seul n'est demeuré Européen.

Le moment nous paraît venu de dire un mot de la conception de

1. Saporta, *Le monde des plantes*.
2. *Jarbuch der K. K. geol. Reichanstalt*, XVIII, pl. V. fig. 1 et p. 191.
3. Saporta, *loc. cit.*, p. 343.
4. Gaudin, *Feuilles fossiles de la Toscane*, p. 38.
5. Saporta, *loc. cit.*, p. 347.
6. Schimper (*Traité de paléontologie végétale*) mentionne les espèces suivantes : Paléocène : *C. primæva*, *C. ampelopsides*. Eocène : *C. insignis*, *C. lobato crenata*, *C. digoci*, *C. Heerii*, *C. Nimrodi*, *C. styriaca*, *C. rhamnifolia*. Miocène : *C. lacerata*, *C. Ungeri*, *C. atlantica*, *C. radobojensis*, *C. oxycocca*, *C. tricuspidata*, *C. fagifolia*, *C. celtidifolia*, *C. ulmifolia*. *C. platanifolia*, *C. jatrophæfolia*.

Regel [1], qu'il a on ne peut plus brièvement condensée dans cette formule mathématique :

Vitis vinifera L. = V. vulpina × Labrusca.

Suivant l'éminent directeur du Jardin botanique de Saint-Pétersbourg, « le vitis vinifera, pas plus, d'àilleurs, que les autres plantes « utiles cultivées, ne serait une espèce originale : il serait le produit « de la culture du *V. vulpina* L. et du *V. labrusca* [2] L. et de leurs « variétés, comme du mélange des deux espèces par « Bastardigung ». « Les plantes dont la culture nous a récemment dotés, telles que nos « fraisiers à gros fruits, pétunias, verveines, pensées, fuchsias, géné- « riacées, prouvent avec quelle rapidité l'hybridation (*Bastardigung*) « efface les caractères primitifs en constituant un tel mélange de « formes qu'on ne saurait auquel des types originaux on doit rapporter « les hybrides.... On ne doit donc s'étonner que d'une chose : c'est « que la vigne, après des milliers d'années de culture, se rapproche « encore tellement des types primitifs (Urtypen) *Labrusca* et *Vulpina*,

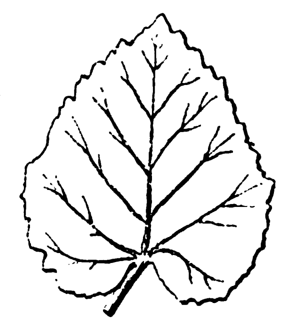




Fig. 19. — Vitis Subintegra (vigne fossile).

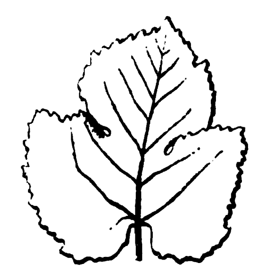


Fig. 20. — Vitis Vinifera (vigne fossile).

« qu'on peut rattacher les variétés feutrées (filzigen) au premier, et les « moins velues au second. »

Regel appuie son opinion sur ce que :

« 1° La vigne n'est connue qu'à l'état sauvagé (verwildert), et non « à l'état sauvage (wild) ;

« 2° Le V. vulpina et le V. labrusca, les deux espèces souches, sont, « sous de nombreuses formes indigènes, en Asie, *d'où la culture de la* « *vigne est originaire;*

« 3° La culture du V. vinifera n'a jamais aussi bien réussi dans

1. Regel, *Conspectus specierum generis vitis regiones America borealis, Chinæ borealis, etc.* Petropol., 1873.

2. Il y a lieu d'ajouter que pour Regel les termes de *Vulpina* et de *Labrusca* représentent moins des types nettement définis que des groupes embrassant, le premier, les *vitis rotundifolia, cordifolia, parvifolia, riparia, amurensis*, c'est-à-dire les espèces glabres; le second, les *vitis labrusca* proprement dits de Linné, *caribæa, lobata, æstivalis, lanata*, etc., en un mot les espèces à tomentum blanc ou chamois (albido vel ferrugineo).

« l'Amérique du Nord que celle des types indigènes de Vulpina et de « Labrusca. »

Il y a, tout d'abord, lieu de faire abstraction de cette dernière considération dont Riley et Planchon ne nous ont, depuis le travail de Regel, que trop bien expliqué la cause [1].

Quant aux vignes nées sans culture et dont nous ne préjugeons pas pour l'instant l'origine, elles ne sauraient être traitées incidemment et comportent une étude spéciale.

La filiation spontanément imaginée par Regel, en dehors de toute preuve expérimentale, se justifie, nous l'avons vu, par les témoignages de la géologie, sinon absolument, du moins en ce sens que les formes asiatico-américaines ont certainement précédé la forme vinifera qui en dérive, soit par hybridation entre ces diverses espèces, soit par des modifications dont le mode de production nous échappe encore, mais dont nous avons pu saisir quelques degrés au passage; seulement la culture n'y a été pour rien, puisqu'il n'y a point de culture sans cultivateur et que l'homme, comme nous l'avons vu, a trouvé à son arrivée sur la planète le Vitis vinifera tout constitué. Il n'y en a pas moins là une conception remarquable, très digne d'être signalée et qui fait honneur au profond instinct botanique du célèbre créateur du *Gartenflora*. En somme, répétons avec Heer, même en restreignant l'expression au type vinifera, que « la vigne est un archivieil habitant de l'Europe », plus vieux que l'homme lui-même, et qu'il n'y aurait aucun anachronisme à nous représenter Adam couronné de pampres *introflexes*, comme Silène ou comme Noé.

III

LA VIGNE AVANT L'HISTOIRE

L'homme a-t-il apparu dès le commencement des temps quaternaires? A-t-il assisté à la *période glaciaire* et au *diluvium* qui l'a suivie? A-t-il eu à défendre son existence contre l'elephas primigenius ou mammouth, contre l'ours des cavernes, le félix spelæa, le cervus megaceros, dont le bois colossal décore si bien le musée de Saint-Germain, contre le rhinocéros tichorinus, enfin contre une foule de mammifères armés de dents cruelles, de cornes formidables et de noms grecs? Dans l'affirmative et « quoi qu'en puisse souffrir notre orgueil, il est certain que, dans ces temps primitifs, il ne dut pas se distinguer beaucoup de

1. *Endémisme du phylloxera dans l'Amérique du Nord, à l'est des montagnes Rocheuses.* Les vignobles parfaitement prospères de la Californie, situés à l'ouest de cette cordillère, sont tous d'origine européenne.

la brute. Le souci de ses besoins naturels l'absorbait en entier; tous ses efforts convergeaient vers un but unique : assurer sa subsistance quotidienne. Il ne put se nourrir d'abord que de fruits et de racines, car il n'avait encore inventé aucune arme pour terrasser les animaux sauvages; s'il parvenait à en tuer quelques-uns de petite taille, il les dévorait tout saignants encore et se couvrait de leur peau..... »

« Combien de temps dura cet état misérable? Nul ne saurait le dire. L'homme est perfectible, le progrès indéfini est sa loi..... mais combien ses premiers pas durent être chancelants, et que d'efforts dut lui coûter la première création de son esprit, la première œuvre de ses mains [1]! »

Ce n'est pas dans de telles conditions que l'homme a pu, évidemment, songer à modifier la flore locale par l'inlroduction d'espèces empruntées à des contrées lointaines. Possibles, à l'extrême rigueur, sur les rivages d'un même bassin, à l'aide d'embarcations rudimentaires, de tels échanges sont-ils admissibles entre des régions séparées par des espaces continentaux immenses, couverts de forêts inextricables et de montagnes inaccessibles? Or, les temps quaternaires postérieurs aux bouleversements glaciaires et aux érosions diluviennes, ont conservé, *dans les environs de Paris*, l'empreinte de la vigne associée au figuier et au laurier des Canaries [2]. La vigne avait donc traversé sans dommage ces grands cataclysmes.

Plus tard, le *laurus canariensis* émigra jusqu'au 27° ou 28° parallèle; mais le figuier s'arrêta beaucoup plus haut et demeura indigène tout au moins au sud des Cévennes et dans les lignes en même temps isothères et isochimènes [3] comprenant Agen, Toulouse, Montauban, Nîmes, Avignon, etc., car le figuier exige pour mûrir réellement son fruit une grande chaleur estivale et, à raison de la minceur de son étui médullaire et du grand développement de son parenchyme, redoute les hivers rigoureux, qui gèlent son bois. Plus fortement armé par son tissu serré, par ses vaisseaux entourés d'un manchon de parenchyme ligneux [4] et blindés même en dedans d'une cuirasse de cellules intra-vasculaires ou *thylles* [5], par le cloisonnement de ses fibres libériennes [6], la vigne, qui a traversé sans dommage l'hiver hyperboréen de 1879-80, se préoccupe assez peu que les hivers soient

1. L. Figuier, *L'homme primitif*.
2. Ch. Vélain, *Cours de géologie stratigraphique*. Saporta, *Les temps quaternaires*.
3. Voir, dans l'excellent atlas manuel récemment publié par la maison Hachette, la carte n° 15, intitulée *France physique et hypsométrique*.
4. Duchatre, *Botanique*, p. 209.
5. Duchatre, *loc. cit.*, p. 70.
6. Duchatre, *loc. cit.*, p. 214.

froids, si les étés lui fournissent une dose de chaleur suffisante pour la maturation de ses fruits. Ce sont donc les lignes isothères qui ont déterminé les limites de son exode, et c'est en les suivant qu'on la retrouve encore indigène, sous la forme de variétés diverses, dans les vallées de la Vienne, de la Saône et du Rhin [1].

Les tufs de Montpellier [2] et ceux de Meyrargues (Bouches-du-Rhône) [3] offrent également, mais pour une époque bien postérieure, des empreintes de *vitis vinifera*. Dans l'intervalle, le climat et, d'une manière plus générale, les conditions cosmiques semblent être devenus, à fort peu de chose près, sinon identiquement les mêmes qu'aujourd'hui. Les végétaux associés à la vigne dans ces stations géologiques, en effet, ou appartiennent à la flore locale actuelle, ou s'ils ont disparu depuis, comme le frêne à manne (*fraxinus ornus*), le buisson ardent (*cratœgus pyracantha*), l'*acer napolitanum*, vivent, prospèrent dans la contrée lorsqu'on les y ramène, s'y comportent, absolument en un mot, comme des plantes indigènes.

Tout porte à penser que ces empreintes doivent correspondre à la période dite *de la pierre polie*. L'homme existait donc depuis longtemps et avait même acquis un certain degré de civilisation et d'habileté manuelle. Avait-il utilisé d'ores et déjà pour son alimentation les fruits de la vigne qui s'offraient à lui? Bien qu'il soit raisonnable de le supposer, on ne peut rien affirmer jusqu'à l'époque pour laquelle l'homme a laissé les premières traces matérielles d'une véritable organisation domestique : nous voulons parler des cités lacustres ou *palafittes*, découvertes et si bien étudiées dans ces dernières années. C'est l'*âge du bronze ;* déjà l'homme a trouvé le feu, l'*agni* [4] divin adoré des Aryas, ravi à l'Olympe, selon les Grecs, par une main audacieuse [5], et devenu l'un des quatre éléments de leurs philosophes. Elément précieux, en effet, de tout progrès, à l'aide duquel il a déjà su dégager de leurs sels ou de leurs oxydes le cuivre et l'étain et les combiner ensemble : il s'est tissé des étoffes, fabriqué des poteries, construit de véritables forteresses de bois, qui, assises sur pilotis et reliées seulement au rivage par des ponts mobiles, le mettent à l'abri

1. *Die Wilde Trauben*, Benner.
2. G. Planchon, *Etudes sur les tufs de Montpellier*.
3. Saporta, *Flore des tufs quaternaires de Provence*, 1867, p. 17-27.
4. Michelet, *La Bible de l'humanité*.
5. Audax Japeti genus
Ignem, fraude mala gentibus intulit
Post ignem ætherea domo
Subductum...
(Horace, Ode III.)

des bêtes féroces et de son semblable, souvent plus féroce, sinon plus bête que les bêtes fauves.

Immanis pecudis custos, immanior ipse.

Il avait cultivé le blé, dont les restes carbonisés sont parfaitement reconnaissables; le lin, qu'il avait trouvé spontané dans notre midi [1] et dont il composait ses tissus; la vigne enfin, s'il faut en croire Heer [2], qui a cru pouvoir distinguer dans les restes des palafittes à la fois des pépins de vignes cultivées et des pépins de vignes sauvages. Quoi qu'il en soit, ce qui est certain, c'est que le raisin figurait, avec les fruits du cornouiller, les pommes, les *glands*, les noisettes, dans le menu des tables lacustres. Les restes trouvés à Castione, près de Parme, à Bex, à Wangen [3], à Varese [4], en font également foi.

Nous avons vu, depuis le miocène tout au moins, la vigne nous faire constamment cortège à travers les âges; nous l'avons vue débuter par deux formes se rattachant aux deux grands types autour desquels évoluent toutes les vignes américaines, les types aigus ou riparia, les types larges ou labrusca. Nous avons vu ces deux grands types, représentés d'une part par les V. Teutonica, qu'on pourrait appeler *Riparites*, et de l'autre par le vitis Braunii, qu'on pourrait appeler *Labruscites*, converger l'un et l'autre vers le type *vinifera* et arriver ainsi aux mains de l'homme, de l'homme d'Europe.

Dans l'intervalle, l'homme lui-même s'est socialement transformé. A l'être isolé a succédé la famille, à la famille le clan, au clan la peuplade, sinon le peuple, chasseur d'abord, puis agriculteur. La tradition est née, s'agrémentant de génération en génération, d'une alluvion de merveilleux, d'une véritable luxuriance de légende, mais contenant en somme une parcelle originaire de vérité, que la critique, devenue aujourd'hui adulte, a pour mission de dégager de cette végétation parasite. La satisfaction de ses premiers besoins assurés, l'homme a pris conscience de son rôle d'être successif, se transmettant de génération en génération, suivant la belle image de Lucrèce [5], « le flambeau de la vie » et avec lui le dépôt toujours grossissant des notions acquises et des souvenirs héroïques.

L'histoire s'ouvre. Après avoir interrogé les pierres, laissons la parole à l'homme.

(*A suivre.*)

1. Lemaont et Decaisne, *Traité général de botanique*, p. 356.
2. Heer, *Die Pflansen der Pfahlbauter*.
3. Heer, *Die Pflanzen der Pfahlbauter*.
4. Ragazzoni, *Rivista archeologica di Como*, 1880, fasc. 17, p. 30.
5. Et quasi cursores, vitæ sibi lampada tradunt. (Lucrèce, *De naturâ rerum.*)

LA POPULATION ET LA LANGUE DE MADAGASCAR

Par le docteur G.-W. PARKER [1].

(*Suite et fin*).

II. — LA LANGUE MALGACHE

La langue parlée par les diverses tribus qui habitent Madagascar est essentiellement une langue *parlée;* on ne retrouve ni signes symboliques, ni dessins indiquant l'existence d'une écriture quelconque. Cet état de choses persista jusqu'au commencement de notre siècle, quand les missionnaires anglais imprimèrent à la langue indigène la forme alphabétique qu'elle a actuellement. Les caractères furent empruntés à l'alphabet anglais, circonstance facilitant considérablement l'étude de la langue malgache à l'Européen, qui n'a pas ainsi à lutter contre les difficultés d'un nouvel alphabet, et permettant au Malgache de retrouver dans les livres anglais et français les caractères qui lui sont familiers.

Les voyelles et les consonnes que l'on trouve dans cette langue sonnent ainsi qu'il suit :

Il y a quatre voyelles :

a se prononce comme *a* dans le mot anglais *psalm*,
ou comme *au* dans le mot français *saule*.
e se prononce comme *e* dans le mot anglais *date*,
ou comme *ê* dans le mot français *bête*.
i se prononce comm *ea* dans le mot anglais *neat*,
ou comme *i* dans le mot français *nid*.
o se prononce comme *oo* dans le mot anglais *too*,
ou comme *oû* dans le mot français *voûte*,
ou comme *o* dans le mot anglais *oh!*

o n'a d'ailleurs ce dernier son que dans le sens vocatif et dans les mots intercalés. L'*y* à la fin des mots a le même son que *i* au commencement ou au milieu; mais, dans les éditions récentes du Nouveau Testament, l'y est aussi employé à la place de l'*upsilon* grec dans les mots empruntés à cette langue.

Il y a seize consonnes simples :

1. Voir le n° d'octobre.

m	»	»	*m*,
n	»	»	*n*,
	»	»	*ng*, quoique jamais prononcé de cette manière par les Hovas,
p	»	»	*p*,
r	»	»	*r*,
s	»	»	*s*,
t	»	»	*t*,
v	»	»	*v*,
z	»	»	*z*.

Il n'y a que deux véritables diphtongues :

ai, *ay*, *ei* ou *ey*, prononcées comme *ai* dans le mot anglais *aye* ou *eye*.
ao, » » *ou*, anglais *proud*, français *aou*.

Dans les diphtongues *ai* et *ao*, chaque voyelle conserve parfois le son qui lui est propre; mais, dans les combinaisons des voyelles suivantes, le son de chacune est plus ou moins distinct : *eo*, *io*, *ia*, *oa*, *oi* (ou *oy*), *oe*, *aoe* et *oai*.

Dans la prononciation, les voyelles se font d'ordinaire sentir distinctement et sont rarement mangées; dans la prononciation (mais non dans l'écriture), on ajoute un *i* après *g*, *h*, *k*, *ng* ou *nk* quand ces consonnes sont précédées d'un *i* ou d'un *y*.

Parmi les combinaisons des consonnes, seules les suivantes se rencontrent dans les mots purement malgaches :

dr, *dz* (c'est-à-dire *j*), *tr*, *ts*, *mb*, *mp*, *nd*, *ndr*, *nj*, *ng*, *nk*, *nt*, *ntr*, *nts*.

En conséquence, dans certains cas, on a recours aux changements euphoniques suivants :

f est remplacé par *p*,
h » » *k* ou *g*,
l » » *b*,
v » » *d*,
r devient *dr*, s'il est renforcé par *d*,
s » *ts* » *t*,
z » *j* (*dz*) » *d*.

On se sert communément des interjections suivantes :

Pour exprimer la surprise : *endrày*, *endrè*, *adrè*, *òdrè*, *hày*, *hànky* = oh! ah!
Pour exprimer la négation : *isy*, *aisy*, (ou *èisy*), *àoé*, *sànatrià* (*sàna tria*) = à Dieu ne plaise que....
Pour exprimer le désir : *anie*, *ènga kà*, *èndra*, *ànga* = oh cela....!
Pour exprimer l'appel : *è* (= eh!), *ò* (= oh!), *rày* (ou *rèy*).
Pour exprimer le chagrin : *indrisy* = hélas!
Pour exprimer le regret : *inày*, *injày*, = pourvu que... ne...!

Dans la langue malgache, le sens des mots et des phrases dépend bien moins de l'intonation que de l'accent et de la place respective occupée par les mots; on se sert aussi de la particule (*no*) pour appuyer

sur quelque chose ou exprimer le degré superlatif. Par exemple, les mots malgaches signifiant *route* et *loi* ont la même orthographe et l'accent seul sert à en déterminer le sens; ainsi : *làlana* signifie une route, *lalàna* une loi. Voici un exemple de l'emploi de la particule *no : izày manào ny màrina no manatona ny mazàva*, ceux qui font le bien approchent de la lumière (c'est-à-dire *ceux-là seuls* qui font le bien).

Quant à la disposition des mots modifiant le sens des phrases, il y a six règles de syntaxe :

1° Le prédicat, dans une proposition simple, se met en avant.

2° Le régime d'un verbe actif se place immédiatement après lui, à moins qu'un adverbe se rapportant directement au verbe n'intervienne.

3° Dans le verbe passif, l'adverbe, le sujet et tout autre complément suivent le verbe, tandis que le régime est placé à la fin de la proposition.

4° L'adjectif qualificatif accompagne son substantif (p. e. *tràno tsàra*, une *bonne* maison); à moins qu'un autre substantif, se rapportant au premier, n'intervienne.

5° Un cas possessif accompagne le substantif qui le gouverne à moins qu'un adjectif servant de complément direct n'intervienne.

6° Le sujet d'un verbe passif ou d'un verbe relatif se place toujours immédiatement à la suite du verbe, qu'il soit simple ou composé.

Chaque proposition devient interrogative par le seul fait d'une intercalation de l'une ou de deux particules interrogative *moa*, *và*, la première se plaçant au commencement ou près du commencement d'une proposition, la seconde à la fin ou près de la fin. Ainsi, *moa tsàra izy ou? tsàra và izy? est-ce bien?*

Nous trouvons dans la langue malgache plusieurs mots qui imitent directement le bruit, les cris des animaux, etc. Mais leur quantité relative, quoique en apparence fort restreinte, ne saurait être déterminée avec exactitude, le nombre total des mots n'étant encore connu dans aucun de ces dialectes.

Exemples :

àko, écho; *àmboa*, chien (« bow-wow »); *btsibitsika*, murmurant; *bizizioka*, bourdonnement;	substantifs.
mivovovovo, aboyer; *mifofofofo*, souffler; *mivàtravàtra*, bruire (bruit produit par des gouttes de pluie); *mandondona*, frapper sans discontinuer; *mimonjomonjo*, murmurer, grogner;	verbes.

Considérée dans son ensemble, la structure grammaticale de la langue malgache est très régulière. Une grande partie des mots peuvent être ramenés à des *racines;* celles-ci sont, d'ordinaire, soit des verbes actifs ou passifs, soit des adjectifs ou des substantifs, et les nombreux dérivés de ces racines se forment aussi d'une manière très régulière.

On distingue deux sortes de racines :

Les racines primaires, composées d'une, de deux ou de trois syllabes; la troisième se termine toujours en *na*, *ka* ou *tra;*

Les racines secondaires, composées d'une racine primaire, complétée d'un préfixe monosyllabique; il y a 26 préfixes divers, employés de cette manière.

Une racine de chacune de ces deux catégories peut être *doublée*, afin d'exprimer la répétition, la diminution ou plus rarement la force croissante de l'idée qui n'est exprimée que sous sa forme la plus simple par la racine; mais dans ce cas c'est la racine primaire qui seule sera doublée, le préfixe ne souffrant jamais aucune altération. Pour diminuer ou augmenter l'idée représentée par tout autre mot qu'une racine, on répète la partie servant de racine au mot, car les terminaisons servant à indiquer la diminution et l'augmentation n'existent point dans la langue malgache, et le seul changement d'intonation ne suffit pas à modifier le sens.

Les particules, telles que prépositions, pronoms, adverbes, etc., se placent d'ordinaire séparément et ne se combinent point avec d'autres mots, sauf les cas comparativement rares où on les transforme en verbes, en les faisant précéder d'un préfixe actif.

Pour faire dériver des mots d'une racine, on se sert également des préfixes et des suffixes; des changements peuvent aussi être opérés dans les voyelles et les consommes d'après certaines règles, trop nombreuses pour être mentionnées ici.

Ainsi de la racine *àsa* nous ferons dériver : *man-àsa*, en nous servant d'un préfixe; *àsa-ina*, en nous servant d'un affixe; *àn-àsa-na,* en nous servant à la fois d'un préfixe et d'un affixe.

Les mots composés sont très communs. On les forme en retranchant la dernière syllabe du premier des deux mots et en produisant certains changements euphoniques dans les consonnes ou dans les voyelles des syllabes ainsi réunies. Mais, par suite de l'altération qui résulte de cette contraction, le sens s'obscurcit souvent.

Le genre est indiqué par l'adjonction des mots *làhy* (masculin) et *vàvy* (féminin).

Exemples :

akoho, volaille ;
akoho-làhy, volaille mâle (coq).
akoho vàvy, volaille femelle (poule).

Il n'existe pas de terme pour indiquer la différence entre les objets animés et inanimés, ni pour déterminer le nombre ou le cas, soit des substantifs, soit des adjectifs.

Quoique le calcul soit décimal et que l'on compte sur la main, néanmoins rien ne prouve qu'à l'origine on ait compté à l'aide des doigts et des orteils. Il me semble qu'il n'y a aucun ordre établi dans ce calcul sur les doigts et que les Malgaches n'ont recours à aucun autre moyen auxiliaire pour compter. Il y a des chiffres pour compter depuis 1 jusqu'à 1 000 100, quoique les nombres au-dessus de 1 000 soient rarement employés. Le mot *àlina* (10 000) une fois doublé et devenu *àlinàlina*, veut dire « innombrable » ; et comme le mot *tàpitùsa*, désignant « un million », signifie littéralement « *finis les nombres* », on voit que l'esprit d'un Malgache se refuse à concevoir un nombre dépassant le million. Les petits numéros n'ont pas d'autre signification que celle des chiffres qu'ils représentent, et tous les numéros semblent être dérivés d'une seule et même source. La numération se fait par dizaines jusqu'à 90 inclusivement (= « 9 dizaines;) après quoi on trouve des noms spéciaux pour les chiffres plus élevés. Pour les nombres intermédiaires (11, 12, 21), ainsi que pour les nombres composés, les Malgaches se servent d'un mot (*àmby* = addition) qui correspond à notre signe +, de manière que (contrairement à nous) les chiffres plus petits sont placés les premiers; ainsi, 111 sera règle usitée chez *iràika àmby ny folo àmby zàto* (littéralement « 1 + 10 + 100 »).

Les verbes n'ont que deux modes, l'*indicatif* et l'*impératif;* l'impératif sert aussi de subjonctif et d'optatif, et l'indicatif sert pour tous les autres modes, à l'exception de ces trois. Chaque mode a trois temps simples : le présent, le passé et le futur ; *n*—ou—*no* indique le passé, *h*—ou *ho*— le futur ; mais il n'y a point de modification pour indiquer le genre, le nombre, la personne. Il y a également trois espèces de verbes : actif, passif et relatif.

Le verbe actif peut être une simple racine (soit primaire, soit secondaire), ou une racine accompagnée d'un préfixe. Un verbe passif peut aussi être soit simplement une racine de l'une des deux catégories, soit une racine accompagnée d'un préfixe ou d'un suffixe, soit une racine avec un préfixe et un suffixe, soit enfin une racine avec

un préfixe dont quelques lettres seraient transposées. Cette dernière forme est aussi désignée sous le nom de « *passif transposé* », à cause de la transposition des lettres dans l'infixe *mo* — ou *ni*. Un verbe relatif est une combinaison d'une racine avec les particules actives et passives; il conserve une partie du préfixe actif conjointement avec le suffixe passif et sert à indiquer l'existence d'un lien de relation entre le sujet et le régime.

Les pronoms personnels et possessifs présentent en malgache la particularité suivante : Il y a deux termes pour indiquer le *nous* sujet, le *nous* régime et le mot *notre*. La première sous-entend la personne qui parle et celle à laquelle on parle; la seconde exclut celle-ci. Les formes contractées ou suffixes de tous ces pronoms sont aussi fort usitées; ici encore se présente la même distinction que pour les mots *nous*, etc.

Il n'y a qu'un seul pronom relatif, indéclinable, dont on se sert indifféremment pour tous les cas et pour tous les genres.

Le pronom démonstratif a deux formes distinctes, l'une pour indiquer les choses visibles et rapprochées, l'autre pour indiquer les choses invisibles, éloignées ou sous-entendues par celui qui parle.

Les conjonctions sont nombreuses, mais pour la plupart elles se prêtent à diverses significations.

Les vraies prépositions sont en petit nombre, mais à leur place il y a quantité de locutions prépositives ou de prépositions composées, formées de substantifs avec les préfixes *a*, *am*, *an* ou *i*.

Il y a beaucoup d'adverbes, en particulier d'adverbes de lieu. Ils ont aussi des temps, *t* servant à indiquer le passé et *ho* le futur; certains adverbes peuvent être transformés en verbes, si on les fait précéder d'un préfixe actif.

Quant à l'origine de la langue malgache, il est clair qu'elle dérive du malais. L'affinité qu'elle présente avec les langues du groupe ethnique malais-polynésien a été très bien mise en lumière par le Rév. W.-E. Cousins, dans un mémoire lu devant la Société de philologie, le 15 février 1878; mais comment se fait-il que, contrairement à ce qui se passe d'ordinaire, Madagascar ait reçu ses habitants du continent africain voisin, tandis qu'il a emprunté sa langue à la presqu'île malaise, si éloignee ? Voilà un fait qui a lieu de nous étonner.

La théorie qui jusqu'aujourd'hui présente la solution la plus vraisemblable du problème est due au docteur Hildebrand, qui vient de mourir à Madagascar après avoir passé cinq années en Afrique. Ecartant la question des habitants primitifs de Madagascar, il admet que les Hovas, de race malaise, auraient été les premiers colons de l'île, mais

qu'ils ont été conquis par des pirates venus d'Afrique; ces derniers auraient massacré la population mâle et épousé les femmes hovas. Les enfants, issus de ces unions, se seraient assimilé la langue de leurs mères, de préférence à celle de leurs pères, et cela d'autant plus facilement qu'ils se trouvaient davantage avec les premières.

Mais il y a un fait essentiel à objecter à cette théorie, : c'est le peu de goût des tribus indigènes de l'Afrique orientale pour les expéditions maritimes, à plus forte raison pour une aussi longue traversée que celle du canal Mozambique, même à l'endroit où les îles Comores permettent de diviser le voyage en deux stades. Nous savons que non seulement les Arabes, mais encore les pirates appartenant à diverses nations européennes ont eu des relations fréquentes avec les Malgaches; mais nous n'avons et n'aurons peut-être jamais de notions précises sur l'époque où ces relations ont commencé et nous ne pouvons par conséquent pas évaluer l'action qu'elles ont pu exercer sur les naturels du pays et sur leur langue. Les Hovas ont-ils été autrefois beaucoup plus nombreux et ont-ils diminué parce qu'un grand nombre d'entre eux auraient été tués dans des guerres fréquentes ou exportés de l'île comme esclaves? Ou, tout au contraire, les Hovas auraient-ils été toujours comparativement peu nombreux, tandis que l'élément africain de la population augmentait sans cesse par l'importation dans l'île d'esclaves africains? Ou bien, ces causes ont-elles contribué simultanément à créer les conditions dans lesquelles se trouvent actuellement la population et la langue de Madagascar? Ce sont là des questions auxquelles jusqu'à présent on ne saurait donner de réponse satisfaisante.

Quant aux populations qui auraient *précédé* les Hovas à Madagascar, nous n'avons aucun renseignement précis sur leur compte. Les Hovas eux-mêmes affirment avoir expulsé (tout au moins de la province Imèrima) une tribu appelée *Vazimba,* dont les derniers vestiges existeraient encore sur la côte sud-ouest du Madagascar et dont le nom primitif *Vazimba* aurait été modifié en celui de *Vèzo.* Or, comme les deux noms viennent de la même racine que le mot *vèzivèzi*, qui veut dire « vagabond », ces Vazimba auraient-ils été une race nomade et pastorale, comparativement peu guerrière, que les belliqueux Hovas n'auraient eu aucune difficulté à expulser? Outre l'étymologie du mot, le caractère de la partie centrale de Madagascar, dont les vastes plaines, herbeuses et ondulées sont si favorables à la vie pastorale, rend cette hypothèse très probable.

En parcourant les provinces du centre, on rencontre fréquemment des tombeaux, ayant la forme de petits tertres carrés, ombragés inva-

riablement d'un ou deux *fàno* [1], et qui inspirent aux Hovas un respect superstitieux. Ils appellent ces tertres « tombeaux des Vazimbas » et sont persuadés que l'esprit du défunt est toujours à l'affût, prêt à venger toute violation faite à sa sépulture ou bien à l'arbre qui l'ombrage. Si l'on pouvait fouiller quelques-uns de ces tombeaux, ils nous fourniraient certainement quelques données sur cette race disparue et peut-être même jetteraient quelque lumière sur les populations qui avaient précédé les Hovas à Madagascar.

Notons une curieuse coïncidence à propos de ces noms de *Vèzo* et de Vazimba.

1° Personne n'ignore qu'il y a, ou qu'il y a eu d'*autres* nations encore, dont les noms semblent indiquer soit qu'elles furent autrefois des tribus errantes ou nomades, soit qu'elles eurent un vaste espace à parcourir avant d'atteindre l'endroit où elles s'établirent définitivement. Telles sont les *Vandales* bien connus et les *Wenns* (ou Venns). Les traces des premiers se retrouvent encore dans l'Europe centrale.

2° Dans les langues grecque, latine, allemande et anglaise, nous trouvons la racine *ba* ou *va* qui semble leur être commune, racine d'où dérive dans chacune de ces langues quelque expression indiquant le mouvement.

Exemples :

Grec. — βα, racine du verbe βαινω, aller.
Latin. — Vado, errer.
Allemand. — Vandeln, errer.
Anglais. — Wade, errer.

Cette coïncidence soulève plus d'une question.

Comment se fait-il que les Malgaches, qui par leur langage appartiennent au groupe malais-polynésien, possèdent cette racine qui exprime le mouvement et qui par le son aussi bien que par le sens se rapproche si près de la racine analogue que l'on trouve dans les langues indo-germaniques ?

Serait-il possible que l'on retrouvât un jour le « chaînon » disparu dans le cours des siècles et qui servirait à relier les Malgaches africains (ou tout au moins les *Vèzos*) aux *Vandales ?*

Les tribus des Malgaches africains ou tout au moins quelques-unes d'entre elles descendent-elles des tribus ou des peuples nomades, qui avaient occupé autrefois les parties septentrionales de l'Afrique et qui peu à peu s'étaient étendus vers le sud en laissant des traces de leur langue et du nom de leurs tribus ?

1. Fàno, espèce de Mimosa.

On peut résumer ainsi qu'il suit l'influence exercée par les étrangers sur la langue malgache :

Celle des *Arabes* se révèle dans les noms des jours de la semaine, dans les noms hovas des mois et dans quantité de mots se rapportant au vêtement, au lit, à l'argent (dont l'usage était répandu à Madagascar *avant* l'arrivée des Européens), à la musique et à beaucoup d'autres choses.

Celle des *Anglais* et des *Français* se révèle dans beaucoup de termes abstraits, scientifiques, se rapportant à l'architecture, ainsi que dans les noms des armes modernes. Mais le progrès essentiel fut la traduction de la Bible et les formes grammaticales dans lesquelles la langue fut consignée, progrès que les Malgaches doivent principalement aux missionnaires anglais.

Un autre chaînon intéressant entre la langue malgache et les idiomes de l'Afrique du Sud nous est fourni par le verbe *mamèla* (de la racine *vèla*), qui dans la langue *sesùto*, aussi bien que dans celle de Madagascar, veut dire « *laisser en arrière*, *laisser seul* ».

Disons pour conclure que le malgache est la seule langue parlée à Madagascar, les divergences locales que l'on trouve chez les diverses tribus ne constituant pas de langage distinct, pas plus que les provincialismes des divers comtés de l'Angleterre n'affectent l'unité de la langue anglaise. La langue malgache est douce, musicale, phonétique (une syllabe consistant d'odinaire en une voyelle et une consonne), facile à apprendre pour l'Européen. Celui-ci n'a que deux difficultés à vaincre, l'usage de la particule *no* et du verbe relatif. Mais, une fois qu'on en est venu à bout, rien ne paraît plus commode que l'usage de ce verbe relatif. Un trait qui constitue une différence entre la langue malgache et les dialectes du sud de l'Afrique, c'est l'absence de « tic-tac » ainsi que d'un préfixe spécial pour indiquer si un pays, une tribu, une langue, un individu — et s'il s'agit d'individus leur nombre et leur sexe — ont été mentionnés.

II. — *Discussion.*

M. Keane fait observer que peu de questions présentent à l'anthropologiste un intérêt aussi vif que celles ayant pour objet les habitants primitifs de Madagascar ainsi que les affinités ethniques des races qui peuplent l'île actuellement.

Dans l'état actuel de la science, il serait certainement téméraire de hasarder des théories définitives. Mais, si l'on récapitule tous les faits, on se sent porté à admettre que, lors de la première immigration malaise, l'île aurait été très peu peuplée. L'absence de l'éléphant

ainsi que de tout autre représentant de la grande faune africaine, d'autres considérations encore feraient supposer que cette région aurait fait partie, non de l'Afrique, mais bien d'un continent ou d'un archipel de l'océan Indien disparu aujourd'hui, et dont les îles Maurice, la Réunion, les îles Séchelles et d'autres seraient les débris. C'est à ce continent disparu que quelques naturalistes ont donné le nom de Lemuria. Les groupes d'îles plus petits étaient inhabités quand ils furent découverts par les Europ'ens, et il est permis de conjecturer que toute cette Océanie hypothétique avait déjà disparu dans l'eau avant que l'homme eût fait son apparition sur le globe. Mais, de ces îles submergées depuis, quelques-unes ont pu se maintenir au-dessus de l'eau jusqu'à une époque relativement récente et constituer ainsi entre la Malaisie et le Madagascar des points de repère plus nombreux qu'il n'en existe de nos jours. Une fois maîtres de l'île, les Malais auraient exterminé ou absorbé les quelques indigènes qui s'y trouvaient, et c'est ainsi que se serait constituée depuis les temps les plus reculés une uniformité de langage qui aurait persisté. Mais, à l'exception des Hovas du plateau central, qui représentent probablement une migration malaise plus récente, la race a subi en général de grandes modifications, à cause de son mélange avec les éléments ethniques de la côte africaine.

L'invasion périodique de l'élément nègre, importé sous forme d'esclaves, a dû naturellement produire dans le cours des temps cette modification du type que nous constatons aujourd'hui chez les Sàkalàvas de la côte ouest et chez les Bètsimisàrakas de la côte est. Mais la langue n'en fut nullement altérée, les nouveaux arrivants occupant une position sociale tout à fait inférieure et étant, sitôt débarqués, répartis en petites bandes au milieu de la race dominatrice. Les esclaves nègres importés dans des conditions analogues en Egypte depuis un temps immémorial, plus tard dans les États barbaresques et enfin récemment dans le Nouveau Monde, ne surent nulle part conserver les idiomes de la mère-patrie. Dans le nord de l'Afrique, ils apprennent l'arabe avec rapidité; en Amérique, ils parlent passablement l'anglais, l'espagnol ou le portugais ou tout au moins un jargon quelconque de l'une de ces langues, dans lequel la quantité relative des termes africains est très restreinte. Dans le Madagascar, ils ont partout échangé leurs dialectes rudes et gutturaux avec leurs *tic-tacs* et leur mécanisme compliqué, pour la langue harmonieuse, relativement plus simple et plus facile à apprendre des Malgaches. C'est ainsi que, à plus ample examen, la remarquable uniformité linguistique qui règne dans cette vaste île cesse d'être pour nous un phénomène surpre-

nant. Nous sommes en présence d'une langue qui persiste sans s'altérer durant un grand laps de temps, tandis que le type physique de la race a subi des modifications sensibles. C'est que le principe généralement admis de la persistance plus grande des caractères physiques comparativement aux caractères linguistiques est vrai seulement dans le cas où les uns et les autres resteraient également en dehors de toute action étrangère. Mais, du moment où il y a contact, c'est la loi contraire qui prévaut. Tandis que les deux races se modifient réciproquement par le mélange, la langue de l'une ou de l'autre s'éteint, ne laissant que fort peu de traces de son existence. Ainsi, par suite de leur contact avec les nations de l'Occident, les Turcs se sont assimilé en grande partie le type caucasique, pendant que, partout où ce peuple a maintenu sa domination, les dialectes turcs ont conservé leur structure organique. De même, à Madagascar, le fond ethnique malais a été jusqu'à un certain point entamé par le type nègre; mais le dialecte malais primitif n'a point été affecté par les idiomes africains, soit que ceux-ci aient constitué un courant originel dans l'île, soit qu'ils aient été introduits plus tard par les noirs immigrants du continent voisin. La langue aborigène — si jamais il y en a eu une — a disparu tout à fait; la langue bantuè ou tout autre idiome de l'Afrique importé plus tard n'a pas réussi, ni à prendre pied dans la contrée, ni même à altérer sérieusement le malgache, qui continue à être parlé dans l'île avec une uniformité remarquable.

Le docteur Gustave Oppert fait observer que de temps immémorial, Madagascar a reçu un affluent d'émigrants étrangers, le voisinage de l'Afrique ne cessant de l'approvisionner d'un appoint considérable de sang africain. Plus tard, les Arabes, les Chinois et les Européens vinrent s'établir dans l'île; mais, quelle que fût l'influence exercée par ces divers colons sur le caractère ethnique de Madagascar, elle ne laissa pas d'empreinte permanente sur la majorité de la population, qui conserve un type polynésien prononcé.

On trouve à Madagascar, comme dans la plupart des îles de l'archipel oriental, deux races à l'aspect très différent : l'une, petite, au teint olivâtre, aux longs cheveux droits; l'autre, grande, au teint d'un brun foncé, aux cheveux crépus. On identifie la première avec les Malais, la seconde avec les nègres africains; l'une est représentée par les Howas, l'autre par les Sàkalàvas de la côte ouest. Faciles à saisir, ces différences ethniques sont assez importantes pour qu'on s'y arrête; mais elles ne doivent pourtant pas être considérées comme des caractères décisifs, de pareilles déviations du type se présentant accidentellement chez des races d'une pureté de sang

incontestable, par exemple parmi les habitants de la Carinthie et de la Styrie, parmi les Esclavons, etc. Quelque différentes que semblent être d'ailleurs les deux races qui peuplent Madagascar, la langue parlée dans toute l'île doit certainement être considérée comme une. Sous ce rapport, le précieux dictionnaire, en quatorze dialectes différents, du docteur Parker, est d'une grande importance.

La langue de Madagascar contient sans aucun doute un grand nombre de mots purement malais. Il n'est pas facile de donner une explication suffisante de ce fait, qui peut également être attribué soit aux relations intimes ayant existé dès l'époque préhistorique entre les Malais et les Polynésiens, soit à des immigrations malaises dans le Madagascar. Il n'est pas impossible que les deux causes aient simultanément contribué à amener ce résultat. D'après la classification des langues proposée par l'orateur quelques années auparavant, le malgache appartiendrait au groupe des langues concrètes. Il n'a point de termes abstraits de parenté; il n'en a pas davantage pour le pronom abstrait *nous;* il n'a ni genres ni nombres et révèle certains autres traits caractéristiques d'une tendance concrète bien accusée. Sous ces rapports, le malgache se rapproche de la langue malaise et de la plupart de celles des nègres de l'Afrique; mais il s'en sépare par un trait caractéristique. Les langues que nous venons de mentionner appartiennent au groupe homologue, où les hommes et les femmes, en se parlant les uns des autres ou en parlant emploient des termes identiques; quoiqu'il n'y ait point par exemple de mot spécial pour dire frère ou sœur et qu'il n'y a que des termes pour indiquer l'aîné ou le plus jeune des frères, l'aînée ou la plus jeune des sœurs, néanmoins les hommes et les femmes emploient le même mot dans ses quatre sens différents. Dans les langues hétérologues au contraire, les hommes et les femmes se servent de mots différents; c'est le cas pour l'idiome malgache, ainsi que pour beaucoup de langues polynésiennes et australiennes. Ainsi *ràhalàhy* veut dire frère d'un frère, *ànadàhy* frère d'une sœur, *ràhavàvy* sœur d'une sœur et *ànabàvy* sœur d'un frère; *zàna-dràhalàhy* veut dire l'enfant du frère d'un homme, et *zànak-àina* ou *zànak-ànabàvy* l'enfant de la sœur d'un homme, *zàna-dràhavàvy* l'enfant de la sœur d'une femme, et *zànak-ànadàhy* l'enfant du frère d'une femme.

L'orateur ne suppose pas que ces quatre termes *ràhalàhy*, *ànadàhy*, *ràhavàvy* et *ànabàvy* soient les seuls que possède la langue malgache pour exprimer les divers modes de parenté entre frères et sœurs, et en réalité dans le dialecte parlé dans le nord-est du Madagascar on trouve deux termes respectifs pour les mots *ràhalàhy* et *ràhavàvy :*

ràkylàhy et *ràokilàhy* pour le premier et *rokivàvy* et *raokivàvy* pour le second. Selon lui les deux premiers seraient appliqués, soit à l'aîné, soit au plus jeune frère d'un homme, les seconds à l'aînée ou à la plus jeune des sœurs d'une femme. Il est même probable qu'à l'origine il existait deux termes spéciaux pour *ànadàhy* et *ànabàvy*, ce qui compléterait la liste en nous donnant les huit termes spéciaux que l'on trouve dans la plupart des langues polynésiennes.

Quoi qu'il en soit, ces termes suffisent à nous donner la preuve décisive de la parenté étroite qui relie la langue malgache aux idiomes de la Polynésie. Ce sujet ayant été développé au long dans l'essai « sur la classification des langues », l'orateur ne trouve pas nécessaire de s'y arrêter davantage. C'est un grand triomphe pour la philologie comparée de pouvoir donner la solution d'un fait aussi important que l'est la source primitive de la langue malgache et par conséquent celle du peuple malgache lui-même.

M. Hyde Clarke fait remarquer que le principe appliqué par le professeur Oppert dans son système de la classification des langues et à l'appui duquel il cite l'exemple des Malgaches n'est qu'une amplification d'un fait bien connu, qui se présente dans plusieurs langues et qui dépend de ce que les femmes se servent d'un autre angage que les hommes. Pour ce qui regarde les Malgaches, ce fait a été tiré par le professeur Oppert de vieux vocabulaires français, publiés, comme il a pu l'observer, dans l'œuvre estimable que les missionnaires de Madagascar font paraître sous le nom de *Antanàrivo Magazine*. Les faits rapportés par M. Oppert ont été en vérité confirmés par la haute autorité de MM. Sibrée et Pickersgill, qui leur ont donné leur forme moderne. L'orateur ajoute que pour sa part il récuse absolument les théories émises jusqu'ici au sujet de la population primitive et de la langue de Madagascar et qu'il attend d'ailleurs une solution.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des Sciences de Paris.

G. Capus. *Sur l'observation directe du mouvement de l'eau dans les plantes.* — « Il est à peu près démontré aujourd'hui que l'eau chemine à l'intérieur des vaisseaux du bois, grâce à la présence dans ces vaisseaux de chapelets de bulles d'air à une faible pression, qui fractionnent l'effet de la pesanteur. C'est à M. Bœhm qu'on doit principalement la théorie actuelle sur le mouvement de l'eau.

« M. Vesque a publié dernièrement, dans les *Comptes rendus*, une Note intéressante, dans laquelle il démontre d'un façon fort élégante le mouvement de l'eau dans les vaisseaux d'un rameau coupé en biseau. M. Vesque me donna l'idée de vérifier et d'examiner le contenu des vaisseaux et la translation de l'eau directement sur la plante vivante.

« Pour ce faire, je choisis des plantes un peu fistuleuses ou pourvues d'une moelle tendre, facile à extirper, telles que le Bégonia, le Dahlia, le Topinambour. La plante qui se prête le mieux à ces sortes d'observations est le Bégonia. Au moyen d'un bon rasoir plat, on fait, dans l'entrenœud, une coupe tangentielle à la tige, longue de quelques centimètres, de façon à entamer la tige à peu près jusqu'à la profondeur du cambium des faisceaux. Il faut que cette coupe soit légèrement concave pour éviter le risque d'observer un vaisseau coupé en haut ou en bas. Ensuite, du côté opposé de la tige et au niveau de la première coupe, on pratique deux encoches pénétrant jusqu'à la moelle, ce qui permet d'enlever cette partie de la tige en mettant à nu le canal médullaire ou la moelle. On extirpe celle-ci délicatement, de manière à ne pas entamer le bois primaire du fond, et l'on obtient de la sorte une coupe transparente dans laquelle sont compris intacts les vaisseaux à examiner. Le microscope est disposé horizontalement en face de la coupe ainsi préparée sur un cathétomètre dont les différents vis permettent de mettre au point. On peut opérer sur des pieds de plantes en pleine terre, ou mieux sur des plantes en pot qu'il est plus facile d'immobiliser au moyen d'un tuteur. Pour se rapprocher davantage des conditions normales, on dispose sur la coupe une goutte d'eau aplatie par une lamelle de verre fixée à la tige avec un peu de baume du Canada, ou simplement retenue par capillarité. La préparation faite, on place la coupe contre la lumière, et l'on voit que les vaisseaux et les fibres du bois sont remplis de bulles d'air plus ou moins nombreuses et longues, disposées en chapelet. Quand le temps est humide, le ciel voilé et la terre trempée, la plante est plus injectée d'eau et de bulles d'air plus rares. Elles sont plus nombreuses et plus longues si le temps est sec et si le soleil donne directement sur la plante.

« Les limites de cette Note ne me permettent pas de reproduire et de discuter les courbes qu'on obtient par le mouvement des ménisques. Elles montrent que, dès que le soleil ne donne plus sur la plante, celle-ci tend à s'injecter : les index



d'air diminuent d'étendue dans les vaisseaux et finalement disparaissent. Dans ce cas, l'absorption par les racines l'emporte sur la transpiration. Si, au contraire la transpiration est relativement active, les index se déplacent dans le sens de la hauteur et accusent indirectement le mouvement ascensionnel de l'eau dans le vaisseaux.

« Quand on dépose une goutte d'alcool ou d'acide sulfurique pur sur une des extrémités de la coupe, on provoque dans les vaisseaux un mouvement violent d'eau qui déplace les index et vide en partie les vaisseaux. Quand on chauffe violemment l'atmosphère qui entoure la plante et les feuilles elles-mêmes, on remarque également un déplacement désordonné des index d'air; mais, dans ce cas, il faut faire la part de la dilatation de l'atmosphère intérieura de la plante

« Je tâcherai d'appliquer ce mode de vivisection à l'observation d'autres phénonomènes physiologiques. »

Séance du 27 octobre 1883.

Chambrelent et A. Moussous. *Expériences sur le passage des bactéridies charbonneuses dans le lait des animaux atteints du charbon.* — « Lorsqu'une maladie virulente atteint une femelle en lactation, le lait de celle-ci renferme-t-il le micro-organisme agent de cette infection? Il a été longtemps admis qu'il n'en était rien et que le lait sécrété dans de telles conditions n'offrait pas de virulence; semblable opinion ne nous paraît plus aujourdh'ui acceptable, du moins en ce qui concerne la maladie charbonneuse.

« Déjà, en 1879, Feser [1] reconnaît au microscope la bactéridie dans le lait d'une brebis rendue charbonneuse. Ce lait inoculé à deux brebis leur communique la maladie, à laquelle elles succombent rapidement.

« Garreau [2], au contraire, tente sur les lapins des inoculations avec le lait d'une vache charbonneuse; ces inoculations restent sans effet.

« Emler [3] fait des examens microscopiques et pratique des inoculations. Il étudie ainsi divers produits de sécrétions d'animaux charbonneux et entre autres le lait. Il arrive à cette conclusion que, tantôt ces sécrétions sont virulentes et tantôt privées de virulence.

« On le voit, malgré la diversité des résultats de ces expériences, certains de ces faits semblent attester le passage de la bactéridie dans la sécrétion de la glande mammaire.

« Dans leur récent travail [4], MM. Strauss et Chamberland, appliquant la méthode des cultures et des inoculations à la recherche du passage de la bactéridie charbonneuse dans le sang du fœtus, dans la bile et dans l'urine, reconnaissent d'une façon évidente la réalité du fait, mais ils ne citent à propos du lait aucune recherche ainsi conduite.

« C'est cette méthode des cultures suivies d'inoculations que nous nous somme

1. Feser, *Centralblatt, f. Cyn.*, 1879, p. 69.
2. Garreau, cité par Puech, *Maladies de l'espèce bovine.* 6e édition, 1883.
3. Emler, *Expérimentelle Beitrage zur Milzbrandfrage* (*Arch. f. Wissench. und. prakt Thierheilkunde*, t. VI, 1880).
4. *Archives de Physiologie*, mars 1883.



proposé d'appliquer à la recherche du passage des bactéridies dans le lait des animaux atteints de charbon.

« Nos expériences ont été faites à la faculté des Sciences de Bordeaux, dans le laboratoire de Chimie que M. le professeur Gayon avait gracieusement ouvert à nos travaux ; elles ont été faites avec le concours de M. Dupetit, son préparateur. En voici le détail :

« *Expérience* n° 1. — Le 8 octobre, à 10 heures du matin, nons inoculons avec une culture de virus charbonneux une cobaye qui avait mis bas le 28 septembre et qui, jusqu'au jour de l'expérience, avait allaité ses petits. Le lendemain 9 octobre, à 5 heures du soir, l'animal expirait sous nos yeux, et nous pûmes nous rendre compte par l'autopsie qu'il avait bien succombé au charbon. Une goutte de sang prise dans un des ventricules du cœur contenait une quantité énorme de bactéridies.

« Nous recueillons immédiatement du lait, de façon à nous mettre à l'abri de toutes les impuretés venues du dehors qui auraient pu souiller. Ce lait est pris de la manière suivante : le poil est coupé autour du mamelon; celui-ci est flambé à plusieurs reprises, et nous en faisons sourdre une goutte de lait. Prenant alors un tube stérilisé, nous en brisons la pointe et aspirons cette goutte de lait que nous déposons avec toutes les précautions voulues dans un ballon Pasteur, contenant du bouillon de bœuf. Nous ensemençons ainsi quatre ballons Pasteur que nous refermons avec soin et que nous plaçons ensuite à l'étuve.

« Une goutte de lait, examinée à ce moment au microscope, ne nous paraît contenir aucune bactéridie, tandis au contraire que, comme nous l'avons déjà dit, le sang en renferme beaucoup. Ajoutons que ce lait offre une apparence absolument normale.

« Le 11 octobre, à 4 heures du soir, les ballons sont retirés de l'étuve et examinés. Deux sont restés parfaitement limpides. Un paraît contenir des impuretés, entre autres un ferment aérobie qui forme une pellicule de la surface. Le quatrième présente quelques flocons et offre l'aspect d'une culture charbonneuse.

« Le contenu de ce dernier ballon, examiné au microscope, nous montre qu'il contient des bactéridies et des filaments enchevêtrés, ceux-ci toutefois en petit nombre.

« Prenant alors, à l'aide d'un tube stérilisé, une goutte de cette culture, nous l'inoculations à un jeune cobaye. Ce cobaye meurt deux jours après. Son sang examiné au miscroscope, contient des bactéridies.

« La culture, qui avait été remise à l'étuve, examinée de nouveau le 15 octobre, avait pris de plus en plus l'aspect caractéristique des cultures de charbon. L'examen microscopique y révélait un grand nombre de filaments. Un nouveau cobaye, inoculé avec cette culture, meurt le lendemain.

« *Expérience* n° 2. — Dans l'expérience précédente, le lait avait, comme nous l'avons signalé, été recueilli quelques minutes avant la mort de l'animal. Bien que le temps écoulé entre le moment de la mort et celui où nous avons recueilli le lait fût très court, nous voulûmes, dans l'expérience suivante, éviter les causes d'erreur pouvant provenir d'une lésion cadavérique, et résolûmes de prendre du lait avant la mort de l'animal.



« Le 11 octobre, à 10 heures du matin, nous inoculons avec du virus charbonneux une cobaye en lactation ayant mis bas quelques jours auparavant. Le lendemain, à 5 heures du soir, l'animal vivait encore. Nous prenons alors du lait avec les mêmes précautions que nous avons décrites dans l'expérience précédente. Nous ensemençons avec ce lait quatre ballons Pasteur contenant du bouillon de bœuf, et nous les mettons à l'étuve. Le 15 octobre, nous examinons les cultures. Une est restée parfaitement limpide. Deux ont pris l'aspect caractéristique des cultures de charbon. La quatrième paraît contenir un ferment étranger.

« Les deux cultures, présentant l'aspect charbonneux, sont examinées au microscope; nous y découvrons un grand nombre de filaments qui ne peuvent laisser aucun doute sur leur nature.

« Deux cobayes sont inoculés avec le liquide de ces deux cultures et meurent le lendemain, en présentant les lésions caractéristiques du charbon.

« *Expérience* nº 3. — Dans une troisième enfin, nous inoculons une grosse lapine en lactation, toujours avec le même virus qui nous servait pour les cobayes, mais qui, essayé à plusieurs reprises sur des lapins, n'avait pu les tuer.

« Nous recueillons en temps voulu à la fois du sang et du lait de cette lapine. Le lait ne montre aucune bactéridie. Il faut faire de nombreuses préparations microscopiques pour en découvrir dans le sang, où elles sont très rares. Nous pratiquons des ensemencements tant avec le lait qu'avec le sang. Aucun des ballons ensemencés avec le lait ne reproduit de culture charbonneuse; un seul sur les deux, où nous avions déposé du sang, offre une culture de cette nature.

« La conclusion de ces expériences est évidente. Les deux premières nous montrent, à n'en pas douter, que les bactéridies se trouvent dans le lait des animaux atteints de fièvre charbonneuse et s'y trouvent du vivant de ces animaux.

« Mais, ajoutons que le nombre de ces bactéridies est infiniment moins considérable que dans le sang. Quant à la troisième, elle n'offre qu'une apparente contradiction avec les précédentes, malgré son résultat négatif. Si les bactéridies, en effet, sont en faible proportion dans le lait, alors qu'elles sont très nombreuses dans le sang, quoi d'étonnant, lorsque celui-ci en renferme très peu, que la petite quantité de lait avec laquelle nous avons opéré nos ensemencements n'en contient pas? »

Yves Delage. *Sur l'embryogénie de la* Sacculina Carcini, *Crustacé endoparasite de l'ordre des* Kentrogonides. — *Développement de la Cypris* — Après un séjour de trois semaines environ dans la cavité incubatrice de la Sacculine, la ponte a atteint sa maturité et les larves sont expulsées, par les contractions du sac, sous la forme nauplienne. Les Nauplius ont été brièvement décrits par M. Giard. J'ajouterai aux faits qu'ils a reconnus que deux longs filaments olfactifs sont insérés au devant de l'œil et que, entre les pattes, se trouve une sorte de plastron derrière lequel existe un amas sphérique de petites cellules, qui joue un grand rôle dans le développement de la Sacculine. Les cellules qui occupent la région inférieure [1] du corps, après s'être multipliées, se disposent en six segments transversaux sur lesquels se délimitent, de chaque côté, six bourgeons doubles qui

1. L'animal est supposé placé verticalement, la tête en haut, la face ventrale en avant.

deviendront les pattes de la Cypris. Les antennes de celles-ci proviendront des antennes du Nauplius. Quant aux deux paires de pattes biramées, elles ne passent pas dans la Cypris et se détachent avec la dernière mue.

« Au bout de quatre jours et après cinq mues, les Cypris éclosent. Elles sont constituées essentiellement par trois parties : un appareil locomoteur, les six paires de pattes, un appareil fixateur, les antennes, et, à l'intérieur du corps, cet amas sphérique de petites cellules qui se montrait déjà derrière le plastron du Nauplius. Leurs antennes sont terminées par un article très mobile qui porte trois appendices : deux sensitifs, l'un conique, l'autre foliacé, et un préhensile, en forme de long sabre recourbé.

« *Fixation.* — Pendant trois jours au moins, les Cypris mènent une vie libre et refusent de se fixer. A partir du quatrième jour, elles se fixent, seulement à l'obscurité, soit pendant la nuit, soit pendant le jour à l'abri de toute lumière. La fixation a lieu sur les jeunes Crabes de 0m,002 à 0m,012. La Cypris s'attache par l'une de ses antennes, toujours et uniquement à la base d'un poil d'une partie quelconque du corps du Crabe, de préférence vers la base des pattes ou le dos de l'abdomen, *jamais à la face ventrale de celui-ci.* Les C ypris peuvent vivre quinze jours et plus avant de se fixer et, dans ce cas, elles ne subissent aucune modification importante. Dès qu'elles sont fixées, au contraire, elles subissent une série de transformations très remarquables qui n'ont jamais été même entrevues et qui n'ont leur analogue nulle part.

« *Inoculation de la Sacculine.* — Partout, excepté au point d'implantation des antennes, la couche cellulaire superficielle du corps commence par se décoller et s'éloigner de la couche chitineuse comme pour une mue, puis l'ensemble des pattes abdominales se projette fortement en avant et finit par se détacher, produisan ainsi une large solution decontinuité dans les téguments. Des mouvements lents et profonds s'accomplissent dans le corps de l'animal. Les gouttelettes graisseuses se réunissent en gros globules et descendent peu à peu vers l'ouverture laissée par la chute des pattes ; l'œil suit le mouvement, et, en moins de trois heures le tout est sorti hors des limites nouvelles du corps et se trouve relégué entre les valves de la carapace, dans la partie abandonnée par les pattes. Rapidement, la solution de continuité se ferme, une nouvelle couche chitineuse se forme et la dépouille de la Cypris tombe, entraînant les parties de rebut qui ont été éliminées. Il reste, accroché par une de ses antennes à un poil du Crabe, un nouvel être ayant la forme d'un sac allongé, pour paroi l'ancienne couche tégumentaire de la Cypris, et, pour contenu, presque exclusivement l'amas sphérique des cellules dont nous avons déjà parlé.

« Bientôt se forme, au pôle antennaire de la nouvelle larve, une sorte de pointe rigide qui s'agrandit rapidement par la base, et, en moins de trois jours, se montre constituée par un dard creux, dont la base, élargie en entonnoir, se continue par ses bords avec l'enveloppe chitineuse de la larve, tandis que l'ouverture est largement béante, prête à recevoir le contenu cellulaire. A mesure que le dard grandit, sa pointe, taillée en biseau comme une canule de seringue de Pravaz, s'engage dans celle des antennes qui a saisi le poil et arrive bientôt au contact des téguments du Crabe. Il les perce à côté de la base du poil entourée par

une membrane molle qui sert à l'articuler avec la carapace endurcie de sels calcaires. Le dard pénètre ainsi souvent de plus de la moitié de sa longueur dans les tissus du Crabe. Pour surprenants que soient ces faits, ils sont indéniables ; j'en ai rendu témoins plusieurs personnes au laboratoire de Roscoff, où ce travail a été fait, et j'en ai conservé des préparations démonstratives.

« Pendant ce temps, le contenu cellulaire du sac appendu au dard se divise et l'ensemble de la masse s'engage dans la cavité du dard pour passer dans les tissus de l'hôte. Arrivée dans le corps du Crabe, la Sacculine n'a plus qu'à gagner, par un phénomène d'accroissement prédominant dans un certain sens, le point où elle devra achever de se développer, c'est-à-dire la face antérieure de l'intestin. Les jeunes Sacculines internes ont, en un point du contour de leur membrane, un prolongement assez gros qui se perd dans le corps du Crabe et qui est certainement l'indice du voyage accompli par le parasite pour arriver à sa situation définitive.

« *Conclusion.* — Nous avons vu que tout ce qui constitue la Sacculine externe provient du nucléus de la Sacculine interne et que la membrane basilaire avec ses tubes provient du sac qui le contenait. Nous pouvons ajouter maintenant que la paroi de ce sac représente les téguments du Nauplius ou de la Cypris, et que le nucléus représente l'amas cellulaire contenu dans son corps. La formule de la Sacculine est maintenant trouvée : *la portion du parasite intérieur au Crabe représente la peau de la larve*; *la portion externe représente un noyau génital qui s'est frayé passage au dehors, en perçant sa propre enveloppe et les téguments de l'hôte, pour les besoins de la propagation de l'espèce*. Ce phénomène est d'ailleurs secondaire dans l'existence de l'animal et la Sacculine est un *endoparasite* au même titre qu'un Ténia qui, cependant, émet au dehors ses cucurbitains.

« Le nom de *Rhizocéphales* doit évidemment être changé, car les racines partent non de la tête, mais de toute la surface cutanée, et s'il y avait une tête, elle serait à l'opposé du point d'où partent les racines. Le nom de *Dermorhizes* serait plus exact. Mais le fait d'avoir des racines n'est point capital dans l'histoire de la Sacculine comme celui de la présence d'un dard chez la larve et, puisqu'il faut changer l'ancien nom, je propose celui de *Kentrogonides* (κέντρον, dard, γόνος, progéniture). Enfin il saute aux yeux que des faits si exceptionnels dans le développement ne permettent pas de laisser les Kentrogonides parmi les Cirrhipèdes, surtout si l'on considère que, toutes les cellules de l'animal redevenant, à un certain moment, indifférentes, les tissus de l'adulte ne proviennent point de ceux de la larve par une transformation directe. La Sacculine est certainement aussi éloignée d'une Balane que d'un Lernéen. Je propose donc de faire des Kentrogonides un ordre distinct et voisin de celui des Cirrhipèdes. »

Le propriétaire-gérant : O. Doin.

TABLE DES MATIÈRES

DU DOUZIÈME VOLUME

Coulommiers. — Imp. P. BRODARD et Cie.

6e ANNÉE. N° 7. 15 JUILLET

REVUE INTERNATIONALE DES SCIENCES BIOLOGIQUES

PARAISSANT LE 15 DE CHAQUE MOIS

DIRIGÉE PAR

J.-L. DE LANESSAN

PROFESSEUR AGRÉGÉ D'HISTOIRE NATURELLE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Collaborateurs : MM. P. ASCHERSON, BALBIANI, G. BERGERON, A. BERGNIAC, R. BLANCHARD, BOCHEFONTAINE, A. BORDIER, P. BUDIN, CADIAT, CARLET, FERDINAND COHN, H. COHN, M. CORNU, ANNA DAHMS, FRANCIS DARWIN, DASTRE, DONDERS, G. DUTAILLY, MATHIAS DUVAL, EGASSE, ENGEL, F.-A. FLUCKIGER, GARIEL, A. GAUTIER, GAY, U. GAYON, GIARD, GUBLER, GUILLAUD, ERNEST HAECKEL, HENNEGUY, P.-P.-C. HOECK, A. HOVELACQUE, JOLYET, JOURDAIN, KUHFF, KURTZ, KUNCKEL D'HERCULAIS, LAFFONT, LANDOLT, F. LATASTE, ANDRÉ LEFÈVRE, CH. LETORT, LUYS, MAGNUS, MALASSEZ, CH. MARTINS, MASSON, STANISLAS MEUNIER, MOITESSIER, MOQUIN-TANDON, ED. MORREN, DE MORTILLET, ONIMUS, E. PERRET, RANVIER, REGNARD, CH. ROBIN, ROUGET, SABATIER, SCHNEIDER SCHUTZENBERGER, DE SINETY, STRASBURGER, SCHWENDENER, A. TALANDIER, TERRIER, TOPINARD, TREUB, CARL VOGT, WEBER, F. WURTZ.

SOMMAIRE

UN AN		SIX MOIS	
Paris	20 f »	Paris	11 f »
Départements et Alsace-Lorraine	22 »	Départements et Alsace-Lorraine	12 »
Union postale	25 »	Union postale	14 »

Prix de la Livraison : 2 francs.

PARIS

OCTAVE DOIN, ÉDITEUR

8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1883

6e ANNÉE. N° 11. 15 NOVEMBRE

REVUE INTERNATIONALE DES SCIENCES BIOLOGIQUES

PARAISSANT LE 15 DE CHAQUE MOIS

DIRIGÉE PAR

J.-L. DE LANESSAN

PROFESSEUR AGRÉGÉ D'HISTOIRE NATURELLE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

SOMMAIRE

UN AN		SIX MOIS	
Paris........................	20 f »	Paris........................	11 f »
Départements et Alsace-Lorraine.	22 »	Départements et Alsace-Lorraine.	12 »
Union postale................	25 »	Union postale................	14 »

Prix de la Livraison : 2 francs.

PARIS

OCTAVE DOIN, ÉDITEUR

8, PLACE DE L'ODÉON, 8

—

1883

